



Samuel Roberto Moraes

Licenciado em Engenharia Elétrica

Desenvolvimento de um sistema CAPI (*Computer Assisted Personal Interviewing*) para apoio ao projeto fotovoltaico

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia de Energias Renováveis

Orientador: Prof. Dr. João Murta Pina, Professor Auxiliar, FCT NOVA

Co-orientador: Eng. Miguel Santos, director-geral da Engibase - Engenharia e Construção Lda.

Novembro, 2020



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Desenvolvimento de um sistema CAPI (*Computer Assisted Personal Interviewing*) para apoio ao projeto fotovoltaico

Copyright © Samuel Roberto Moraes, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Esta tese foi desenvolvida na Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Nova de Lisboa, e se enquadra num projeto de investigação que envolve a democratização dos sistemas fotovoltaicos. Agradeço as empresas parceiras do projeto, Digitalmente e Engibase, que contribuíram com para garantir a qualidade desta tese, estando sempre à disposição para me auxiliar.

Ao Professor João Miguel Murta Pina, orientador do meu trabalho, um agradecimento especial pelo constante apoio, dedicação, ensinamentos prestados e amizade que espero que perdure por muito tempo.

Ao Engenheiro Miguel Santos, co-orientador do meu trabalho, agradeço a pronta disposição em ajudar com o que fosse possível ao longo da tese.

À equipe de trabalho da FCT que sempre se dispuseram para uma conversa amigável e reuniões com humor fantástico, o que facilitou muito, principalmente, o início desta tese, sempre me deixando a vontade com todos.

Expresso meu agradecimento a meus colegas de mestrado, que principalmente durante o primeiro ano do mestrado, foram como uma família aqui em Portugal para mim, através de ajuda em trabalhos da faculdade ou em momentos de lazer com todos, são momentos que levarei comigo.

Agradeço a minha família e amigos do Brasil pelo suporte emocional e apoio as minhas decisões de morar em outro país pela busca de conhecimento e experiência necessários para crescimento pessoal, estudando o que eu gosto e no que acredito ser o futuro da produção de energia.

À Juliana Inês Weber, minha namorada, agradeço o respeito, apoio e amor prestado a mim não somente nestes dois anos de mestrado, mas durante estes mais de cinco anos que nos conhecemos. Não sei como colocar em palavras o que sinto por tudo que passamos neste tempo, só sei que quero isso por muito mais tempo.

Finalmente, agradeço ao financiamento prestado pela Engibase durante esta tese, pois com este auxílio foi possível me dedicar totalmente a tese para que os objetivos fossem alcançados com a devida qualidade.

Resumo

A entrevista pessoal assistida por computador (CAPI) é uma metodologia bem conhecida no desenvolvimento de pesquisas sociais. Neste trabalho, foi usada para criar um questionário com o objetivo de adquirir dados para um projeto fotovoltaico ótimo. O questionário está inserido no projeto PV SPREAD, que tem como foco proporcionar suporte ao designer/fornecedor de projetos fotovoltaicos durante todos os estágios de desenvolvimento.

Para demonstrar como as diferentes escolhas tidas pelo cliente acarretam resultados econômicos distintos, duas configurações de ângulo de inclinação dos módulos são apresentadas. No cenário 1, o ângulo de inclinação de 35° é obtido através do maior valor de irradiância adquirido ao longo de todo ano, e no cenário 2, o ângulo de inclinação é menor por definição do cliente. O primeiro caso apresentou TIR de 26,16%, e o segundo caso apresentou TIR de 25,41%, indicando que o ângulo do primeiro cenário oferece um retorno financeiro melhor. No entanto, o cliente tem a opção de escolher as configurações da instalação de acordo com suas preferências.

A metodologia CAPI provou ser uma ótima ferramenta para este projeto, pois facilita a aquisição da informação necessária de forma eficiente pelo projetista, minimizando possíveis erros, além de proporcionar informações mais relevantes relacionadas ao projeto fotovoltaico.

Palavras-chave: CAPI, questionário, fotovoltaico, entrevista.

Abstract

The Computer-Assisted Personal Interviewing (CAPI) is a well-known methodology in the development of social surveys. In this work, it was used to create a questionnaire with objective of acquiring data for optimum photovoltaic project. The questionnaire is part of the PV SPREAD project, which focuses on providing support to the designer/supplier of photovoltaic projects during all stage of the development.

To demonstrate how different choices made by the costumer lead to different economic results, two configurations of inclination angle of the modules are presented. In scenario 1, the angle of inclination of 35° is obtained through the highest irradiance value acquired throughout the year, and in scenario 2, the inclination angle is smaller by the customer's definition. The first case had an IRR of 26,16% and the second case had an 25,41%, indicating that the angle from the first scenario offers a better financial return. However, the customer has the option to choose the installation settings according to their preferences.

The CAPI methodology proved to be a great tool for this project, as it facilitates the acquisition of the necessary information efficiently by the designer, minimizing possible errors, in addition to providing more relevant information related to the photovoltaic project.

Keywords: CAPI, questionnaire, photovoltaic, interview.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas	xiii
Lista de siglas e acrônimos	xiv
1. Introdução.....	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivo da dissertação	1
1.3 Contributos originais da dissertação	2
1.4 Organização da dissertação	2
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1 Desenvolvimento de Questionário.....	3
2.1.1 Formulação de perguntas.....	4
2.1.1.1 Formas de apresentar as questões	5
2.1.1.2 Fenômenos indesejáveis	6
2.1.2 Rotina do questionário.....	8
2.1.3 Pré-teste	9
2.1.4 Estrutura do questionário	10
2.2 CAPI e outras metodologias para aquisição de dados	10
2.2.1 Vantagens e desvantagens do CAPI frente a outros métodos	11
2.2.1.1 Qualidade dos dados.....	11
2.2.1.2 Aceitação dos entrevistadores	12
2.2.1.3 Aceitação dos entrevistados.....	13
2.2.1.4 Fator econômico	14
2.2.2 mCAPI	14
2.3 Desenvolvimento de projetos fotovoltaicos	14
2.3.1 Caracterização e dados do local de instalação	15
2.3.1.1 Consumo de energia	15

2.3.1.2	Área disponível e sombreamento	16
2.3.1.3	<i>Soiling</i>	17
2.3.1.4	Local de instalação do inversor	17
2.3.1.5	Dados meteorológicos	17
2.3.1.6	Sistema de proteção	19
2.3.1.7	Financiamento e subsídios	20
2.3.1.8	Limitações feitas pelos usuários	20
2.3.1.9	Parâmetros financeiros	20
2.4	Softwares utilizados por projetistas (mobile e computadores)	21
2.4.1	EasySolar	21
2.4.2	Onyx Solar Photovoltaic Estimation App	21
2.4.3	Step Solar	22
3.	Metodologia	23
3.1	Visão Geral do Questionário	23
3.2	Etapa da Entrevista com Cliente	24
3.3	Etapa da Entrevista no Campo	29
3.4	Entrevistas	33
3.4.1	Entrevista com especialista em projetos fotovoltaicos (diretor executivo da ENGELB – Consultoria e Engenharia, Lda)	34
3.4.2	Entrevista com parceiro do PV SPREAD (gerente da Digitalmente – Novas Tecnologias de Comunicação, Lda)	34
3.4.3	Aprimoramentos do questionário	35
4.	Utilização da Aplicação e Estudo de Caso	36
4.1	Aplicação	36
4.2	Estudo de caso	38
4.2.1	Moradia na Herdade de Aroeira, Almada	38
4.2.1.1	Inclinação de 35° (Cenário 1)	41
4.2.1.2	Inclinação de 20° (Cenário 2)	43
4.2.1.3	Comparação entre os dois cenários	45
5.	Conclusão e Trabalho Futuro	48
	Referências Bibliográficas	49

Lista de Figuras

Figura 2.1 Decomposição de uma questão em suas componentes (Adaptado de Saris & Gallhofer, 2014).....	4
Figura 2.2 Variação na função resposta (adaptado de Saris & Gallhofer, 2014)	7
Figura 2.3 Taxa de não-resposta por método de coleção de dados (Adaptado de Schröpler et al., 2006).....	13
Figura 2.4 Diagrama de blocos de um sistema UPAC (adaptado de Pinho & Galdino, 2014)...	15
Figura 2.5 - Efeito causado pela variação de temperatura das células sobre a curva característica I-V de um módulo sob irradiância constante (Pinho & Galdino, 2014)	18
Figura 2.6 Mapa da irradiação normal de Portugal (SOLARGIS, 2018).....	19
Figura 3.1 Fluxograma resumo da entrevista com o cliente	24
Figura 3.2 Fluxograma resumo da entrevista de campo	24
Figura 3.3 Fluxograma dos passos para aquisição dos dados de consumo	25
Figura 3.4 Fluxograma dos passos para identificação das superfícies de instalação.....	26
Figura 3.5 Fluxograma para recolha de preferências do cliente em relação à orientação.....	27
Figura 3.6 Fluxograma para recolha de preferências do cliente em relação à inclinação	27
Figura 3.7 Fluxograma para recolha de preferências do cliente em relação à localização de inversores, caixas e quadro.....	28
Figura 3.8 Fluxograma para recolha de preferências do cliente em relação às cores e tipo de módulo	28
Figura 3.9 Fluxograma para identificar existência de para-raios.....	29
Figura 3.10 Fluxograma para determinar condições financeiras do cliente	29
Figura 3.11 Fluxograma de identificação das fontes de sombreamento	30
Figura 3.12 Fluxograma para caracterização das superfícies	30
Figura 3.13 Fluxograma para aquisição da orientação dos módulos em campo	31
Figura 3.14 Fluxograma para adquirir a inclinação da superfície em campo	32
Figura 3.15 Fluxograma para identificação dos locais de instalação de certos equipamentos..	32
Figura 3.16 Fluxograma de avaliação de envolvente e aberturas utilizáveis	33
Figura 3.17 Fluxograma de análise dos acessos ao local de instalação.....	33
Figura 4.1 Tela inicial da aplicação.....	36

Figura 4.2 Tela inicial da entrevista	37
Figura 4.3 Tela inicial do trabalho de campo	38
Figura 4.4 Tela com escolha de preferência por um ângulo específico de inclinação	39
Figura 4.5 Faixa de horários dentro e fora do vazio (EDP, 2020)	39
Figura 4.6 Diagrama de carga e energia produzida em janeiro no cenário 1	42
Figura 4.7 Diagrama de carga e energia produzida em julho no cenário 1	42
Figura 4.8 Produção anual de energia no cenário 1	43
Figura 4.9 Diagrama de carga e energia produzida em janeiro no cenário 2	44
Figura 4.10 Diagrama de carga e energia produzida em julho no cenário 2	44
Figura 4.11 Produção anual de energia no cenário 2	45
Figura 4.12 Fluxo de caixa atualizado no projeto em Aroeira para ambos os cenários	46

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 Tarifas para consumidores com opção bi-horária.....	40
Tabela 4.2 Percentual em relação ao mês de referência na carga total por mês	40
Tabela 4.3 Parâmetros financeiros para Aroeira no cenário 1 e cenário 2	46

Lista de siglas e acrónimos

DL – Decreto-Lei

UPAC – Unidade de Produção de Autoconsumo

UPP – Unidade de Pequena Produção

PVGIS – *Photovoltaic Geographical Information System*

PAPI – *Paper-Assisted Personal Interviewing*

CAPI – *Computer-Assisted Personal Interviewing*

CATI – *Computer-Assisted Telephone Interviewing*

CASI – *Computer-Assisted Self-Interviewing*

SC – Resumo e Correção

GPS – *Global Positioning System*

SOEP – Painel Socioeconômico Alemão

mCAPI - *Mobile Computer-Assisted Personal Interviewing*

MPPT – *Maximum Power Point Tracker*

BIPV – *Building Integrated Photovoltaics*

VAL – Valor Atualizado Líquido

TIR – Taxa Interna de Rendibilidade

PRI – Período de Retorno de Investimento

1. Introdução

Neste capítulo serão discutidas as motivações para a criação da dissertação, os objetivos propostos, juntamente com seus contributos originais e como será organizado este trabalho.

1.1 Motivação

Com a implementação do DL (Decreto-Lei) nº153/2014 (Ministério Do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, 2014), o projeto de sistemas fotovoltaicos ficou mais desafiador devido a implementação das UPACs (Unidade de Produção de Autoconsumo). Anteriormente a este decreto, toda a energia que era produzida localmente era vendida para a rede de distribuição. Portanto, a forma de obter um projeto mais rentável era através da análise da previsão de produção de energia com os índices de rentabilidade do sistema fotovoltaico. A partir da implementação do DL nº162/2019 (Conselho de Ministros, 2019), além do projetista precisar considerar os itens citados anteriormente, a instalação fotovoltaica deverá basear-se na combinação instantânea de produção energética do sistema fotovoltaico com o consumo energético do local, caracterizando uma UPAC, visto que esta DL retirou a opção do projetista criar uma UPP (Unidade de Pequena Produção), onde a produção poderia ser vendida diretamente a distribuidora de energia.

A dificuldade maior está no desenvolvimento de projetos de uma UPAC se comparado com a UPP, pois esta deverá considerar o consumo local para obter melhores índices e cenários para o projeto. Leva-se em conta que num projeto de instalação de um sistema fotovoltaico existem outros aspectos que dificultam a obtenção dos melhores índices em termo de rendimento económico (como logística da instalação, projeto elétrico, adquirir dados de qualidade do clima local, entre outros).

Para apoiar o projetista existem vários softwares disponíveis no mercado que abrangem todo o projeto e com características mobile, como Onyx Solar (<https://www.onyx solar.com/photovoltaic-estimation-tool>) e EasySolar (easysolar-app.com/), e outros que são mais específicos pra certas etapas, por exemplo, StepSolar (steprobotics.com/) para obter dados da trajetória solar no local e o PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*) (PVGIS, 2019) que fornece informações meteorológicas dos locais. Mesmo que o mercado apresente muitos programas de ajuda ao projetista, nenhum desses *softwares* possui como característica uma metodologia que auxilia o profissional a adquirir dados necessários para o projeto.

1.2 Objetivo da dissertação

O objetivo deste trabalho é desenvolver um questionário que auxilie o projetista a recolher todos os dados necessários para criação de um ou mais projetos fotovoltaicos ótimos obtendo o melhor retorno financeiro possível, dependendo das opções determinadas pelo cliente. Além disso, o

questionário fornecerá dados para que os projetos não envolvam o armazenamento de energia, pois estes necessitam de muitas informações adicionais, além de serem economicamente desfavoráveis se comparado a um sistema UPAC sem armazenamento de energia (dificilmente obtém-se lucro nesses tipos de sistemas) (Temple, 2018). Ademais, para dimensionar um sistema autônomo com precisão é necessário a introdução de dados complexos e destreza do técnico no manuseamento desses dados (Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, 2008).

Este trabalho tem como foco sistemas elétricos *on-grid*, que são ligados diretamente à rede, ao contrário de sistemas *off-grid*, onde a instalação não tem acesso a rede elétrica. Portanto, o consumidor poderá complementar a energia proveniente da rede com a adição de uma instalação com módulos fotovoltaicos. Neste trabalho serão abordadas diferentes metodologias utilizadas para o desenvolvimento de questionários, como PAPI (*Paper Assisted Personal Interviewing*), CAPI (*Computer Assisted Personal Interviewing*) ou mCAPI (*Mobile Computer-Assisted Personal Interviewing*), identificando as vantagens e as desvantagens ao utilizar cada tipo, e a partir disso implementar a mais apropriado para este projeto.

1.3 Contributos originais da dissertação

Será criado um algoritmo que envolverá o desenvolvimento de questionários para serem utilizados pelo profissional com um potencial cliente que deseja instalar um sistema fotovoltaico e com instruções diretas ao utilizador para que o mesmo, no local onde será feita a instalação, possa obter todas as informações necessárias para o sistema fotovoltaico que será instalado caso projeto seja aprovado.

1.4 Organização da dissertação

Este trabalho está organizado como segue: no próximo capítulo serão apresentadas as bases para a criação de um questionário, juntamente com a metodologia CAPI e os conceitos necessários para otimizar um projeto fotovoltaico. Após isso, no Capítulo 3, serão apresentadas a metodologia CAPI desenvolvida no âmbito desta dissertação e do projeto PV SPREAD, juntamente com o questionário, instruções ao utilizador por parte da aplicação e entrevistas utilizando a metodologia CAPI. A simulação e impacto da aplicação serão discutidos no Capítulo 4. Conclusão e futuros trabalhos serão descritas no Capítulo 5.

2. Revisão Bibliográfica

Neste projeto, foi desenvolvido um questionário através da metodologia CAPI com objetivo de apoiar projetistas em seus projetos fotovoltaicos. Para isso, foi necessário estudar alguns pontos na literatura:

- Desenvolvimento de questionário – Quais são os pontos de interesse ao desenvolver questões e instruções que são importantes para o objetivo do presente trabalho.
- Utilização do CAPI ou outra forma de aquisição de dados - Com objetivo de aumentar a qualidade dos dados e facilitar o trabalho do projetista, determinar qual das opções é mais qualificada.
- Desenvolvimento de projetos fotovoltaicos – Dados necessários para desenvolver um projeto fotovoltaico.
- *Softwares* de ajuda ao projetista – Entender quais são as características principais em um projeto fotovoltaico que são necessários ao entrevistar o cliente.

2.1 Desenvolvimento de Questionário

O questionário é uma importante forma de adquirir dados. Contempla um conjunto de questões para serem usadas em uma entrevista, com instruções apropriadas indicando quais questões serão utilizadas e em qual ordem. Um questionário possui quatro funções – adquirir dados dos respondentes, apresentar uma estrutura para as entrevistas, produzir um meio padronizado de escrever respostas e ajudar no processamento dos dados coletados (Sreejesh, Mohapatra, & Anusree, 2014).

O conceito de “entrevista como um instrumento de pesquisa” deve ser entendido como um procedimento estruturado com propósitos científicos, por meios em que o respondente, através de uma série de perguntas, é induzido a oferecer informação verbal (Sudman & Bradburn, 1977). Para começar o desenvolvimento de um questionário, é necessário prover uma lista de todas as variáveis para serem medidas pelo mesmo e a forma que elas serão adquiridas. A prioridade e importância de cada variável deve ser levada em conta (Oppenheim, 1992).

Outra informação importante ao desenvolver um questionário é saber em qual língua ou dialeto serão realizadas as entrevistas. O pesquisador não tem muita escolha sobre a linguagem do questionário. Normalmente, o país tem uma língua nacional, e esta língua é a usada para formular as questões. Caso necessite de tradução para outras línguas, uma tarefa relativamente complexa precisará ser executada pois uma versão de equivalência funcional deverá ser gerada (Saris & Gallhofer, 2014).

O questionário é uma forma de conversa e, frequentemente, as pessoas não compreendem que as regras desta conversa são diferentes das regras de conversas normais. Se questões violam essas regras, o respondente pode ficar confuso ou se sentir enganado ao errar a interpretação da conversa

e isto é na realidade, que as questões violam as regras das conversas de dia-a-dia podendo levar à irritação do inquirido com perguntas mais sensíveis (Krosnick, 1995).

2.1.1 Formulação de perguntas

Ao se formular uma questão, é importante ter em mente quais são seus objetivos e o que será feito com a resposta (Oppenheim, 1992). Os componentes de uma questão podem apresentar: introdução, que apresenta uma seção do questionário ou de uma questão; motivação, explicando a razão de ter a pergunta; informação em relação ao conteúdo, de forma a atualizar o inquirido sobre o assunto; informação em relação a alguma definição, na qual é definido um termo de maior complexidade; uma instrução ao inquirido na forma de responder; uma instrução ao entrevistador, podendo ser na forma de apresentar a pergunta; a requisição por uma resposta e as categorias ou escalas para responder (Saris & Gallhofer, 2014). A figura 2.1. ilustra essa organização.

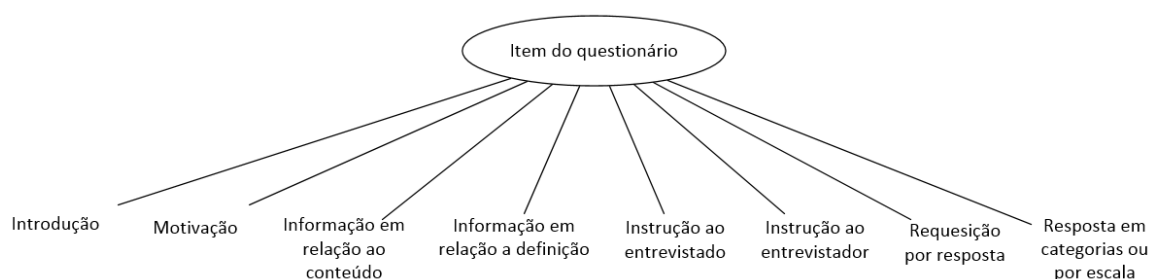


Figura 2.1 Decomposição de uma questão em suas componentes (Adaptado de Saris & Gallhofer, 2014).

O pesquisador deve estar comprometido com o estímulo equivalente, ter noção que todos os respondentes devem entender uma dada questão da mesma maneira (Oppenheim, 1992). Mesmo padronizando as questões para que haja o estímulo equivalente, sempre haverá diferenças na forma que o entrevistador impõe a questão, podendo influenciar na resposta do inquirido.

O conselho é manter o número de palavras por questões de no máximo vinte. Sob algumas condições, no entanto, é demonstrado que questões mais compridas é uma virtude. Num estudo experimental, questões foram preenchidas com “*fillers*” (palavras designadas para não adicionar nenhuma informação extra) e as respostas ficaram mais completas com estas mesmas questões. A explicação é que o material adicional dito pelo entrevistador pode ter estimulado o entrevistado a pensar mais sobre a questão e a falar mais sobre o assunto (Converse & Presser, 1986).

É necessário ter cuidado com as palavras apresentadas ao respondente para que não haja uma interpretação errônea e para que seja possível que ele se coloque no ângulo de visão do pesquisador. Como “família” pode significar pessoas que possuem realmente uma relação de sangue ou como pessoas que moram na mesma residência (Converse & Presser, 1986).

Importante ter em conta que algumas questões podem recorrer a memória do entrevistado e a resposta é facilitada se as perguntas forem relacionadas a algum evento extraordinário, o que pode não ocorrer quando, por exemplo, a pergunta for “quantas horas o inquirido passou olhando televisão” (Converse & Presser, 1986). Ademais, deve-se considerar que os entrevistados terão diferentes níveis de escolaridade. Sempre que possível, as questões devem ser claras para o entrevistado que possuir menor nível, porém sem parecer muito vaga para o de maior nível de escolaridade (Oppenheim, 1992).

2.1.1.1 Formas de apresentar as questões

As perguntas podem ser colocadas de duas maneiras: através de questões abertas ou de resposta livre, que não possuem nenhum tipo de escolha, neste tipo de questão as respostas devem ser gravadas inteiras; ou através de questões fechadas que ocorrem quando é fornecido ao respondente a escolha de alternativas. Questões desse tipo podem oferecer simples alternativas como “sim” ou “não”, nomes de diferentes equipamentos, ou ainda oferecer algo mais complexo, como a escolha de modos de manter a ordem em uma sala de aula ou escolher motivos para votar em algum político (Oppenheim, 1992).

- **Questões abertas**

Há três modos mais comuns de questão aberta, a primeira consiste só na requisição de uma resposta, ou seja, uma pergunta direta. A segunda consiste em uma introdução seguido pela requisição de uma resposta. A terceira é uma combinação de uma pergunta fechada seguida por uma aberta, isso acontece muito em pré-testes para saber qual foi a linha de pensamento ao responder a questão fechada (Saris & Gallhofer, 2014).

Krosnick (1995) descreveu uma linha de pensamento na qual ao responder uma questão aberta os respondentes podem, naturalmente, ver através das palavras para o que eles presumem ser a intenção do pesquisador. Quando entendem, eles precisam procurar na memória por informação, integrar qualquer conhecimento que eles trouxeram em um resumo, e então, expressar este resumo em responder à questão.

Um dos motivos de utilizar questão aberta nos questionários é permitir que os respondentes expandam suas respostas de forma mais livre. Esse tipo de pergunta pode providenciar dados mais ricos, mas sua análise e interpretação são mais difíceis (Rattray & Jones, 2007). Com a questão aberta pode-se descobrir como os inquiridos interpretam espontaneamente a questão, sendo possível modifica-la de acordo com o propósito (Oppenheim, 1992).

- **Questões fechadas**

Utiliza-se questões fechadas quando o investigador conhece muito bem a natureza das variáveis mais relevantes na área da investigação e quer obter informações quantitativas sobre elas (Hill & Hill, 1998). A estrutura básica de uma questão fechada é a requisição por resposta seguida pelas alternativas de escolha do inquirido, mas nessa estrutura, pode-se incluir todas as alternativas apresentadas na figura 2.1 (Saris & Gallhofer, 2014). Existem três tipos de categorias para as respostas de questões fechadas: nominal (alternativas sem uma ordem), ordinária (alternativas com ordem) e quantificadores vagos (quando se utiliza uma expressão que pode ter diferentes interpretações dependendo do inquirido) (Saris & Gallhofer, 2014).

Um ponto importante ao criar questões fechadas é que as alternativas devem ser exclusivas, ou seja, não devem se sobrepor as outras (Saris & Gallhofer, 2014). Um exemplo de sobreposição é de apresentar as seguintes alternativas: perigoso e causar problemas ambientais. Observa-se que os dois estão interligados, porque algo que causa problemas ambientais também pode ser perigoso.

As alternativas de questões fechadas usualmente causam frustração, normalmente porque os pesquisadores não consideram todas as potenciais respostas, o que pode acarretar perdas de dados (Boynton & Greenhalgh, 2004). Caso o respondente não fique satisfeito com as alternativas apresentadas, por não fazerem justiça a suas próprias ideias ou a sua realidade, o pesquisador poderá incluir uma opção “outras” para diminuir essa possível frustração (Oppenheim, 1992). Eles podem escolher um item, mas realmente expressar seu ponto de vista verbalmente e espontaneamente pode ser difícil (Krosnick, 1995).

A questão fechada é preferível frente a questão aberta devido a não necessidade de uma etapa extra para decodificar as respostas (Saris & Gallhofer, 2014). É sugerido que mais informações podem ser obtidas da questão se mais alternativas estiverem disponíveis ao inquirido (Cox, 1980).

2.1.1.2 Fenômenos indesejáveis

Existem vários fenômenos que podem acarretar diminuição da qualidade dos dados, através de questões mal formuladas, seja por uso de palavras confusas ou com a falta de estudo sobre os termos utilizados nos questionários. Evitar o fenômeno de “*double-barreled questions*” que ocorre quando são perguntadas duas coisas ao mesmo tempo e o respondente possivelmente ficará na dúvida se ao dar uma resposta estará respondendo a uma ou a outra questão, como por exemplo: “Você pensa ser uma boa ideia para crianças aprenderem alemão e espanhol nas escolas?” (Oppenheim, 1992).

Outro fenômeno é chamado de *telescoping*, que pode ocorrer devido a tendência das pessoas de verem eventos passados mais próximo da data da entrevista do que realmente ocorreram (Saris & Gallhofer, 2014). Existe também o fenômeno de “desejabilidade social” que ocorre ao fazer uma pergunta e o inquirido responder de forma a agradar o entrevistador. Por isso, se uma questão deste

tipo for importante, deverá ser considerado um método de coleção de dados que diminua este efeito o máximo possível (Saris & Gallhofer, 2014).

Questões não devem ser muito longas, máximo de vinte palavras. Se uma questão mais longa é necessária, ela deve ser dividida em frases mais curtas, cada uma lidando com uma ou duas tarefas ou conceitos. É muitas vezes útil, especialmente no começo de uma nova seção do questionário ou entrevista, ter alguma frase introdutória que dará tempo ao respondente ajustar e diminuir o ritmo da entrevista (Oppenheim, 1992).

Quando se pensa no número de alternativas numa questão fechada, o fenômeno “variação na função resposta” pode acontecer, que é quando os inquiridos usam diferentes escalas ao dar sua opinião numa mesma questão, ou seja, os entrevistados opinam de forma precisa mas suas respostas divergem entre si (Saris & Gallhofer, 2014). A figura 2.2 ilustra melhor este fenômeno.

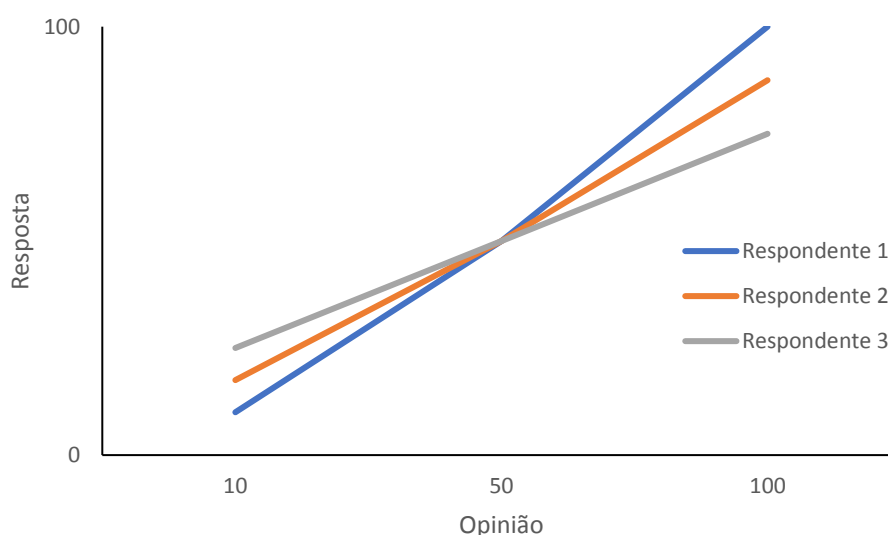


Figura 2.2 Variação na função resposta (adaptado de Saris & Gallhofer, 2014)

Na figura 2.2, o respondente 1 se expressa com palavras mais extremas do que os outros: se ela possui uma opinião perto de 0, ela dará uma resposta perto de 0, os outros respondentes dão respostas muito mais moderadas apesar de os três terem a mesma opinião. Nota-se que há perdas maiores de qualidade dos dados nos extremos do que no meio. Este fenômeno pode explicar que ao estender o número de respostas, irá aumentar o erro das respostas, por isto que muitos pesquisadores argumentam que não há ganho de informação por parte do participante ao aumentar a escala de categorias (Saris & Gallhofer, 2014).

Ao escrever uma questão precisamos ter atenção às escolhas das palavras utilizadas, pois muitas vezes esquecemos que temos nossas próprias experiências e que não podemos garantir que o significado de uma palavra seja o mesmo para diferentes pessoas, ou seja, que todos entenderão o

mesmo dessa palavra (Oppenheim, 1992). Só porque você não acha uma questão ofensiva ou angustiante, isto não significa que não vai incomodar outros (Boynton & Greenhalgh, 2004).

Há algumas regras básicas em relação as palavras usadas em um questionário que são importantes destacar: evitar a gramática mais pobre pois pode irritar respondentes e causar questionamentos na qualidade do questionário (Oppenheim, 1992); quanto mais ambígua for uma palavra, menos confiável e válido serão os dados (Krosnick, 1995); é importante evitar palavras “extremamente fortes” tais como: totalmente, nunca e demais, entretanto é aceitável utilizá-los como respostas num conjunto de respostas alternativas (Hill & Hill, 1998); usar palavras simples; evitar acrônimos e abreviações; jargões e termos técnicos, ou então explicá-los. Respondentes que não entendem o termo podem sentir-se intimidados e podem só fingir que sabem responder à questão.

Outro ponto destacado é que a complexidade de uma questão pode ser caracterizada através do número de palavras, a média de sílabas e o número de substantivos abstratos apresentados na questão, portanto é recomendado diminuir essas três características ao fazer a questão (Saris & Gallhofer, 2014).

A inabilidade de um inquirido em responder questões pode vir de três fontes: ignorância genuína no assunto, inabilidade em recordar a resposta e inabilidade de verbalizar a resposta. (Sreejesh et al., 2014). Para corrigir isso é necessário ter a questão escrita de forma simples, clara e com os objetivos bem esclarecidos para o respondente e, se necessário, com informações extras.

2.1.2 Rotina do questionário

A importância da sequência das perguntas num questionário é ter somente as questões necessárias para atingir o objetivo, para isso a abordagem de afunilamento é importante, precedida por questões “*filler*”, que é um tipo bem conhecido de sequência que normalmente é usado. Este tipo de questão é usada para excluir alguns respondentes de alguma sequência de questões caso seja irrelevantes para eles (Oppenheim, 1992).

Respondentes são sensíveis dependendo do contexto em que as questões são feitas, assim como para as palavras que são utilizadas. Como resultado, o significado de quase qualquer questão pode ser alterado por uma questão precedente (Converse & Presser, 1986).

É necessário ter um alto grau de dedicação para todas as rotinas do questionário, isto é especialmente necessário quando é utilizada assistência computacional para aquisição de dados, caso contrário o entrevistador e o inquirido serão guiados para uma direção errada que resultará em dados inutilizáveis (Saris & Gallhofer, 2014).

2.1.3 Pré-teste

Uma etapa importante no desenvolvimento de um questionário é sua fase de pré-testes, que são úteis para identificar pontos específicos como o significado das palavras, o interesse e atenção do respondente, a ordem das questões (juntamente com a sequência do questionário), o “fluxo” e a naturalidade da entrevista (Converse & Presser, 1986). Os questionários devem ser criados e experimentados, melhorados e então testados novamente, muitas vezes são feitos ainda mais pré-testes, até que se tenha certeza que farão o trabalho necessário (Oppenheim, 1992).

Há duas formas de realizar um pré-teste: quando é dito ao respondente que é um teste e então pode-se pedir que este esclareça suas reações e respostas. Este tipo de pré-teste abre portas, mas também fecha outras. Abre, por exemplo, a possibilidade de perguntar detalhes mais específicos sobre cada questão. Em pré-testes “não-declarados” não é dito ao respondente que ele está participando de um questionário em construção e a entrevista é feita normalmente. Aqui pode-se explorar alguns detalhes, mas não tão específicos se comparado a quando o participante sabe que é um pré-teste, mas pode-se explorar um maior número de questões devido à rapidez que ocorre a entrevista (Converse & Presser, 1986).

Muitas vezes não haverá tempo suficiente para aplicar um pré-teste, mas pode ser útil mostrar as perguntas a algumas pessoas (tão semelhantes quanto possíveis às que irão responder ao questionário) para avaliar a clareza das perguntas do questionário elaborado (Hill & Hill, 1998). O pré-teste pode ser caro, mas eventualmente irá poupar tempo e dinheiro ao final. Estudos que não tiverem pré-testes ou que forem inadequadamente feitos, poderão gastar uma grande quantidade de esforço em questões ininteligíveis, produzindo respostas inelegíveis (Oppenheim, 1992).

A geração de alternativas para as respostas durante o desenvolvimento de um questionário requer um considerável trabalho piloto para refinar as palavras e seus conteúdos. As alternativas podem ser geradas de inúmeras fontes incluindo consulta com especialistas da área, propostas por respondentes e revisão da literatura associada (Rattray & Jones, 2007).

Num pré-teste é recomendado começar com questões abertas quando não se tem certeza do universo de possíveis respostas e a única forma de ter certeza que está abrangendo todas as respostas é com pré-teste, utilizando questões abertas à população alvo é possível construir uma lista e oferecer aos entrevistados (Krosnick, 1995).

Nem toda a pergunta que houver divergências nas respostas deverá ser retirada. As diferenças podem ser decorrentes da heterogeneidade dos participantes e não das inconsistências de como as questões são entendidas ou de como os diferentes observadores interpretam as respostas (Boynton & Greenhalgh, 2004).

2.1.4 Estrutura do questionário

O questionário pode ser dividido em seções para ser estruturado de forma organizada, facilitando o entendimento por parte do respondente ao manter juntas as questões que envolvem o mesmo tópico. É recomendado ordenar as questões por tópicos pois aumenta a cooperação das pessoas e reduz a carga cognitiva, que em geral é bem alta (Saris & Gallhofer, 2014). Um bom planejamento das seções do questionário tem como objetivo dar uma estrutura ao mesmo, dentro da qual pode escrever perguntas relevantes e ajudar a justificar a inclusão das perguntas do questionário (Hill & Hill, 1998).

O “efeito da imparcialidade” é um fenômeno negativo que pode ocorrer ao agrupar questões do mesmo tópico, devido ao ordenamento das perguntas (Hyman & Sheatsley, 1950). Por exemplo, o número de “sim” com “Deve um repórter comunista ser permitido de reportar o que viu durante uma visita aos EUA?” aumentou quando os respondentes foram primeiro perguntados “Deve um repórter americano ser permitido de reportar o que viu durante uma visita à União Soviética?” (Hyman & Sheatsley, 1950).

2.2 CAPI e outras metodologias para aquisição de dados

A coleção de dados através de pesquisa se desenvolveu rapidamente. Nos anos 1960 e 1970, havia apenas três tipos: PAPI, a entrevista por telefone e quando questionários eram enviados por correio, que eram realizados sem a presença de um entrevistador e que os respondentes precisavam responder por eles mesmos. No meio dos anos 1980, o computador começou a ser utilizado. Primeiro a entrevista por telefone foi computadorizada CATI (*computer-assisted telephone interviewing*). No início dos anos 1990, houve os primeiros experimentos com CAPI, como substituto do PAPI, mesmo sem a disponibilidade de usar computadores portáteis (Saris & Gallhofer, 2014).

No CAPI, entrevistadores visitam o respondente com um computador portátil e conduzem uma entrevista cara-a-cara usando o computador. Após a entrevista os dados da entrevista são entregues para um computador central (de Leeuw, Hox, & Snijders, 1995). Desenvolvimento pioneiro de um CAPI na Europa foi liderada pela Escritório Central de Estatística Holandês (Bastelaer, Sikkels, & Kerssemakers, 1987).

Ao todo existem quatro modos de coletar dados computadorizados: CAPI, CATI, SELF ou CASI (*computer-assisted self-interviewing*) e através da Web (e-mail). A escolha do modo de adquirir os dados é de importância crítica não somente pela qualidade dos dados, mas também para a formulação das questões (Saris & Gallhofer, 2014).

CAPI foi desenvolvido para atingir os seguintes objetivos em pesquisas: reduzir o tempo necessário para coletar e processar dados; exercer controle sobre o processo do questionário, melhorando a qualidade da informação obtida; reduzir os custos econômicos e implementar questionários mais complexos do que era possível com PAPI (Baker, 1992).

O entrevistador, dependendo da forma de aquisição de dados, tem grande influência no processo da entrevista, na qual ele possui distintas funções. Na entrevista pessoal, o entrevistador está presente e normalmente faz as perguntas e grava as respostas. Na entrevista por telefone, a função é a mesma, mas não está fisicamente presente. Finalmente, em entrevistas autoadministrados, não há entrevistador (Saris & Gallhofer, 2014).

2.2.1 Vantagens e desvantagens do CAPI frente a outros métodos

O CAPI possui vantagens que se destacam frente aos outros métodos de aquisição de dados. Quando comparado ao PAPI apresenta cinco aparentes vantagens: não ter erro de rotina; os dados podem ser checados imediatamente; possibilita a formulação de novas questões, por exemplo alterando a ordem das questões para eliminar efeito de ordenamento; o sistema gravará informação sobre o processo de entrevista sozinho, não permitindo que o entrevistador, de certa forma, possa alterar alguma informação (de Leeuw et al., 1995).

Um experimento realizado pelo Painel Socioeconômico Alemão (SOEP), apresentou três diferentes efeitos ao utilizar CAPI como método de coleção de dados ao comparar com outros métodos (PAPI, por e-mail ou autocompletado) (Schräpler, Schupp, & Wagner, 2006):

1. O efeito negativo do CAPI nos entrevistados de não cooperarem, ou a recusa de participar em entrevistas posteriores era devido às habilidades dos entrevistadores ao gerenciar este método de coleção de dados e não pelo método em si.
2. O método com menor número de valores implausíveis era o método CAPI, ou seja, eliminava questões cujas respostas eram impossíveis de serem verdadeiras, por exemplo, a idade de uma pessoa ser de 150 anos.
3. O CAPI apresentou maior número de recusa para responder questões envolvendo um assunto sensível, por exemplo, questões sobre o salário líquido do inquirido.

2.2.1.1 Qualidade dos dados

Qualidade dos dados em entrevistas significa melhores índices de resposta e maior confiabilidade nas respostas, resultando assim, e no caso específico da presente dissertação, num projeto de melhor rendimento e maior rentabilidade para o dono do sistema fotovoltaico. O puro fato de utilizar o computador não é suficiente para melhorar a qualidade dos dados. Tempo considerável deve ser gasto ao desenvolver questionários assistidos por computadores, o que faz mais sentido para estudos ou pesquisas mais caras (Saris & Gallhofer, 2014).

Um experimento realizado em 1984 demonstrou que pesquisas feitas com PAPI proporcionaram cinco vezes mais erros quando comparadas com CAPI (Baker, 1992). Porém, a facilidade que o computador traz tem seu preço. Além do tempo para montar as questões, mais tempo é necessário

para checar se todas as tarefas foram formuladas apropriadamente, todas as sequências devem ser conferidas e isto não pode ser feito por um computador (Saris & Gallhofer, 2014).

A apresentação visual pode vir a ser muito útil e melhorar a qualidade dos dados pois as pessoas em geral têm uma capacidade limitada de lembrar as informações que são providas. Por exemplo, numa entrevista oral, o respondente não pode voltar e rever a informação dita. No entanto, se uma apresentação visual for utilizada, o respondente pode facilmente rever as informações para apresentar uma melhor resposta (Saris & Gallhofer, 2014).

Se o questionário possuir questões altamente sensíveis e o respondente possuir conhecimento básico de computadores, o entrevistador pode virar o equipamento para o entrevistado e deixá-lo responder a vontade, aumentando assim a confiabilidade dos dados nestes tipos de questões (Weeks, 1992). Um ponto negativo observado é que a utilização de um computador durante uma entrevista pode piorar a qualidade dos dados por diminuir a comunicação não-verbal entre o entrevistador e o entrevistado. Isto pode ocorrer devido ao entrevistador estar anotando a resposta, ao computador estar sendo usado entre os envolvidos ou até mesmo devido à distância física que será maior se comparado com PAPI (de Leeuw et al., 1995).

2.2.1.2 Aceitação dos entrevistadores

Apesar do uso de computadores em pesquisa de opinião revolucionar o modo de coleção de dados, os procedimentos com computadores não são sempre bons como esperado. A maior diferença no procedimento de entrevista com computadores ocorreu com os entrevistadores. Na verdade, o trabalho deles foi facilitado porque em um bom questionário CAPI e CATI, a rotina é controlada pelo computador e o entrevistador não precisa mais planejar a próxima pergunta e focar no respondente e no processo social envolvido na entrevista (de Leeuw et al., 1995; Saris & Gallhofer, 2014).

O computador pode:

- Checar se a resposta é apropriada.
- Prover ao respondente com mais informação, se necessário.
- Gravar as respostas de um modo sistemático.

Os entrevistadores consideram o CAPI mais preciso que o PAPI, além dos fatores de controle de qualidade serem melhores, sentem-se menos tensos e, conseqüentemente, mais profissionais utilizando esta metodologia (Weeks, 1992). No entanto é necessário treino apropriado aos entrevistadores para usarem todos os elementos e manusear da melhor forma a tecnologia disponível para a entrevista (Bhatia & Jaiswal, 2016). Outro fator diferencial ao utilizar CAPI é a opção de ajuda que normalmente é ignorada, mas pode vir a ser de grande auxílio e de mais fácil acesso, pois no caso do PAPI era necessário levar consigo um manual e eventualmente abri-lo no meio da entrevista, o que não era algo prático (Weeks, 1992).

Uma pesquisa que mostrou que os entrevistadores não estavam entusiasmados para usar CAPI, demonstrou que a maioria significativa possuía menores níveis de educação, não tinha experiência com computadores e possuía somente experiência com pesquisas PAPI ao longo de suas carreiras profissionais (Couper & Burt, 1994). Uma das principais reclamações levantadas pelos entrevistadores foi a dificuldade de entender a estrutura geral do questionário (Schräpler et al., 2006). Outra foi em relação ao peso dos computadores que deveriam ser levados para a entrevista. No início da década de 90, um computador chegava a ter 14 libras (6,35 kg), tendo nos anos seguintes outros com 6,2 libras (2,81 kg) (Weeks, 1992). Atualmente já não seria problema no caso de utilizar um tablet com aproximadamente 0,46 kg (varia com o tamanho da tela).

2.2.1.3 Aceitação dos entrevistados

Uma das preocupações dos pesquisadores em relação à utilização do CAPI como forma de pesquisa foi em relação a aceitação dos entrevistados e em relação à confiança deles na confidencialidade dos dados, o que se notou posteriormente é que esta preocupação não era necessária. A figura 2.3 mostra um experimento realizado pela SOEP, onde é observado que CAPI é o método mais aceito pelos entrevistados ao longo das diferentes entrevistas que ocorrem em cada ano, se comparado com os outros modos de coleção de dados, CAPI (Schräpler et al., 2006).

Em outro experimento, quando questionados sobre a privacidade dos dados, 47% dos entrevistados possuem mais confiança no CAPI, 5% em PAPI e 48% é indiferente (de Leeuw et al., 1995). Nota-se que muitos nem fazem muita distinção na forma de aquisição de dados e que a faixa de reação dos respondentes em relação à utilização do CAPI é de indiferente para entusiasmada (Baker, 1992).

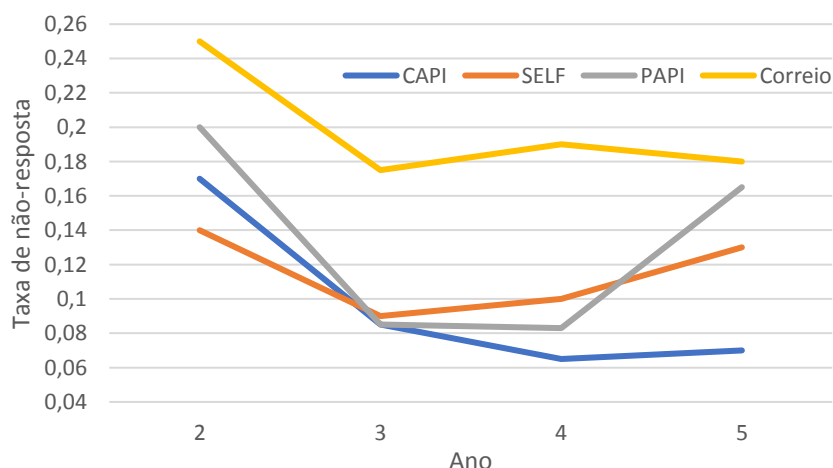


Figura 2.3 Taxa de não-resposta por método de coleção de dados (Adaptado de Schräpler et al., 2006)

2.2.1.4 Fator econômico

Um fator posto em discussão é relativo às vantagens econômicas que o método traria devido as facilidades de refinamento e levantamento dos dados após as entrevistas resultados da automatização de várias tarefas que ocorrem durante uma entrevista com CAPI. Notou-se que o custo final do processo de pesquisa usando PAPI ou CAPI dependerá do número de elementos em uma dada investigação e do nível de experiência da organização com CAPI (Baker, 1992).

O CAPI necessita de maior investimento em *hardware*, interface frontal e trabalho de desenvolvimento que o PAPI (Schräpler et al., 2006). Por isso, em pesquisas de larga escala e em outras operações onde o *hardware* pode ser efetivamente utilizado e os custos propagados ao longo do tempo, uma economia líquida positiva é esperada (Weeks, 1992). Na questão ambiental, o PAPI tem desvantagem em relação aos outros métodos por não ser ecologicamente sustentável, porque utiliza uma grande quantidade de papel devido a necessidade de impressão do questionário (Bhatia & Jaiswal, 2016).

2.2.2 mCAPI

Uma nova forma de CAPI, chamada *mCAPI*, tem sido muito utilizada em pesquisas de *marketing*. Não se difere praticamente em nada, apenas que ao invés de usar um computador para a entrevista, é utilizado um telemóvel. Um dos benefícios deste método é que pode ser configurado para enviar automaticamente os resultados para o servidor, por Wi-Fi ou 3G/4G, depois ou até mesmo durante a entrevista (Poynter, Williams, & York, 2014). A utilização do GPS dos telemóveis é uma vantagem pois é possível saber a movimentação dos entrevistadores, auxiliando no planejamento do movimento geográfico no campo e na monitorização deles (Bhatia & Jaiswal, 2016).

2.3 Desenvolvimento de projetos fotovoltaicos

Para usar energia solar efetivamente e economicamente, os sistemas fotovoltaicos devem ser projetados em uma configuração de sistema apropriado e capacitado sob condições de carga, irradiação e, se necessário, um sistema de reforço utilizável, podendo esse ser um gerador a diesel ou outra fonte renovável (Endo & Kurokawa, 1994). Na figura 2.4 é apresentado um resumo do sentido da energia produzida pelos geradores fotovoltaicos. Os geradores servem para produzir a energia necessária de acordo com a demanda, enquanto o inversor, de acordo com as suas especificações técnicas, serve para condicionar a energia para uso doméstico ou venda a rede de distribuição. Partindo dos dados meteorológicos e de uma boa estimativa da demanda a ser atendida, o projetista dimensiona ou especifica cada um dos blocos da figura 2.4, além dos demais componentes necessários à operação segura de cada subsistema em particular (Pinho & Galdino, 2014).

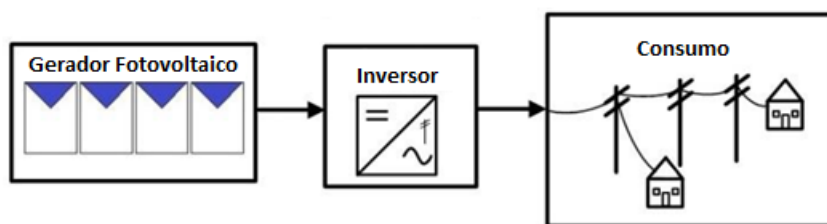


Figura 2.4 Diagrama de blocos de um sistema UPAC (adaptado de Pinho & Galdino, 2014)

Durante a visita ao local na fase de registro dos dados, um bom contributo para a base de um bom planejamento, passará pelo inequívoco esclarecimento das seguintes questões junto ao cliente (Deutsche Gesellschaft fur Sonnenenergie, 2008):

- Disponibilidade da área do telhado e/ou superfícies disponíveis.
- Orientação e inclinação das estruturas disponíveis à colocação do sistema.
- Formato do telhado e tipo de cobertura.
- Dados sobre sombreamento.
- Locais potenciais à instalação dos módulos, do interruptor de corte principal (CC) e do inversor.
- Caixa do contador.
- Comprimento dos cabos.
- Acessos, particularmente se for necessário equipamento específico para isto.
- Produção energética desejada em comparação com a potência fotovoltaica a instalar.
- Enquadramento financeiro, tendo em conta as respectivas condições para atribuição de subsídios caso aplicável.

2.3.1 Caracterização e dados do local de instalação

A visita ao local da instalação permitirá efetuar uma avaliação prévia sobre as condições básicas existentes, que poderão levar desde o princípio a uma indicação mais ou menos favorável sobre a instalação de um sistema fotovoltaico (Deutsche Gesellschaft fur Sonnenenergie, 2008). Devem ser criados na superfície do telhado pontos de fixação que recebam os módulos. A escolha do sistema de montagem depende do tipo de cobertura, o que influenciará nos custos da instalação e na forma como será feita a instalação (Deutsche Gesellschaft fur Sonnenenergie, 2008).

2.3.1.1 Consumo de energia

Em consequência do DL nº 153/2014, o consumo de energia tornou-se um fator importante na otimização de um sistema fotovoltaico em uma UPAC, devido à diferença no valor das tarifas pagas

pelo consumidor ao comercializador de energia e o valor pago por este ao *prosumer* (termo utilizado para quem consome energia da distribuidora e produz energia) quando é vendida a energia excedente, sendo a última geralmente muito menor que a primeira. Quando a energia fornecida pelo sistema fotovoltaico é maior que o consumo da instalação, o excesso de energia é entregue à rede, caso contrário, toda energia produzida será consumida no local.

2.3.1.2 Área disponível e sombreamento

A área disponível para instalação é de grande importância para entender o quanto de espaço útil haverá para os módulos e para caracterizar diferentes alturas e inclinações que podem delimitar a área devido aos sombreamentos que estes diferentes planos podem causar. Se o sistema for instalado em telhados inclinados, é recomendado que o ângulo de azimute seja o mesmo que o do telhado para reduzir os custos de instalação, ao evitar estruturas para os módulos e um maior tempo de instalação (Endo & Kurokawa, 1994).

É necessário analisar os sombreamentos na área de instalação porque quando uma ou mais células recebem menor radiação solar do que as outras da mesma associação, sua corrente vai limitar a corrente de todo o conjunto em série (Pinho & Galdino, 2014). Há diferentes fontes de sombreamento, que podem ser de obstáculos no próprio local de instalação, obstáculos no horizonte de caminho do sol e sombreamentos temporários como poeira, folhas de árvores e neve. Em locais com muita poeira é necessário limpar regularmente a superfície dos módulos, uma vez que a sujeira reduz a captação de luz pelos módulos, reduzindo consequentemente seu desempenho.

Para ter uma boa estimativa da radiação incidente no plano do painel, o projetista deve obter informações sobre os atuais e potenciais elementos de sombreamento e superfícies reflexivas próximas. A refletividade do chão ou outros elementos próximos também contribuem para a radiação global incidente sobre o painel, que contribuí diretamente para o valor de energia produzida pelos módulos (Pinho & Galdino, 2014).

Um componente que não depende do projetista, mas dos produtores de módulos, é o diodo de *bypass* utilizado para diminuir o efeito do sombreamento. O ideal é utilizar este diodo em cada célula de um módulo, mas em módulos reais isso seria impraticável. Na realidade, o que é feito é colocar pelo menos dois a três diodos de *bypass* em cada módulo (Masters, 2005).

Quando o sombreamento é devido a árvores, este pode diferir ao longo do ano dependendo do tipo de folha. No caso de serem árvores caducas, elas terão folhas nos meses mais quentes e perderão nos meses mais frios (dependendo do tipo de espécie de árvore, idade, tamanho e levando-se em consideração que seja uma árvore localizada no hemisfério norte), enquanto que as perenes têm folhas o ano inteiro causando sombreamento durante todo este tempo (Konarska et al., 2014).

2.3.1.3 Soiling

As perdas por “soiling” são resultantes do depósito de poeira, neve e outras partículas que podem se acumular na superfície do módulo. Outros estudos demonstram que as perdas deste tipo estão relacionadas também com a umidade relativa do ar e da velocidade média do vento no local da instalação (Javed, Guo, & Figgis, 2017). Apesar destes estudos proverem uma base de cálculos complexos para determinar as perdas devido aos diversos fatores citados, este questionário se limitará a determinar o *soiling* por influência de fontes próximas do local de instalação, como, por exemplo, chaminés com fluxo constante de poluição, visto que os dados de velocidade média do vento e umidade relativa do ar podem ser adquiridos por uma outra fonte de dados somente sabendo a localização da instalação.

2.3.1.4 Local de instalação do inversor

O equipamento mais importante, além dos próprios módulos, é o inversor, cujo propósito é de transformar corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA). Se a instalação fotovoltaica for conectada à rede, o inversor possui outra função que é de sincronizar o sinal com a rede de modo que, quando for UPAC, o excedente possa ser vendido à distribuidora de energia e os equipamentos possam ser utilizados sem preocupação.

O inversor deverá, sempre que possível, ser instalado junto da caixa do contador ou na sua proximidade e próximo da caixa de junção geral do gerador, este procedimento permite reduzir as perdas de energia que ocorrem através do cabo principal CC. Ao escolher o local de instalação, é crucial que se mantenham as condições ambientais exigidas pelo fabricante do inversor, especialmente em termos de umidade e de temperatura. A experiência demonstra que estes dispositivos deveriam estar protegidos da chuva e da radiação solar direta (Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, 2008).

2.3.1.5 Dados meteorológicos

Um módulo fotovoltaico tem suas características elétricas dependentes basicamente da irradiância e da temperatura, a influência da irradiância solar é muito mais significativa do que a da temperatura. Ao mudar a temperatura do módulo sob irradiância constante, nota-se que há uma queda significativa no valor da tensão de circuito aberto, enquanto a corrente de curto-circuito sofre uma elevação pequena, na qual não compensa a perda de tensão e que conseqüentemente diminuirá a potência do módulo que depende diretamente desses dois componentes. A forma de influência da temperatura no módulo pode ser visualizada na figura 2.5.

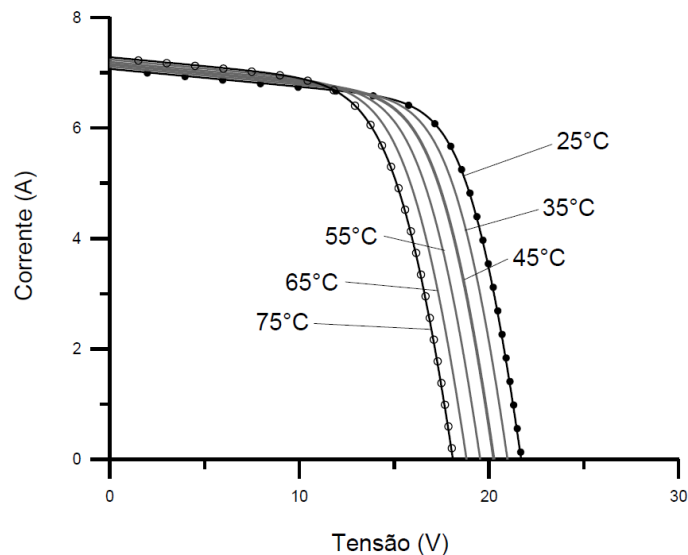


Figura 2.5 - Efeito causado pela variação de temperatura das células sobre a curva característica I-V de um módulo sob irradiância constante (Pinho & Galdino, 2014)

Deve ser determinada a temperatura ambiente máxima do local da instalação na qual se quer a potência nominal do inversor, pois a temperatura de operação do mesmo afeta sua eficiência, portanto o local de instalação deve possuir ventilação adequada (Pinho & Galdino, 2014). Ao projetar, por questão de segurança, pode-se utilizar valores extremamente altos e baixos de temperatura para determinar o que ocorre com a tensão e a corrente nestes casos.

O ângulo de inclinação dos módulos sem sistema de rastreamento deve ser configurado tipicamente com o ângulo de inclinação de modo a obter o máximo de irradiação anual, que normalmente é semelhante ao valor da latitude do local (Endo & Kurokawa, 1994). Nota-se que a irradiação normal direta varia muito de acordo com a localização em que será feita a instalação. Observando a figura 2.6, observa-se a grande variação que há somente em Portugal. Por isso, é necessário levar em consideração o local da instalação para que, de alguma forma, seja possível prever a energia que será provida pela instalação fotovoltaica.



Figura 2.6 Mapa da irradiação normal de Portugal (SOLARGIS, 2018)

2.3.1.6 Sistema de proteção

O correto dimensionamento e a adequada utilização de dispositivos de proteção contribuem para eliminar ou pelo menos minimizar as falhas. Os disjuntores diferenciais são aparelhos de proteção sensíveis à corrente diferencial residual (soma total das correntes naquele ponto do circuito). Estes dispositivos “observam” a corrente que flui nos condutores de ida e de retorno do circuito elétrico.

O interruptor principal CC deve estar presente para na eventualidade da ocorrência de falhas, ou parar o caso de trabalhos de manutenção e reparação, isolar o inversor do gerador fotovoltaico (Deutsche Gesellschaft fur Sonnenenergie, 2008). De forma a permitir a manutenção da unidade produtora, deverão ser previstos meios de seccionamento tanto no lado CC como do lado AC, estes dispositivos serão omipolares e denominados dispositivos de seccionamento visível (Pinho & Galdino, 2014).

Aplicam-se normalmente para a proteção de sistemas fotovoltaicos contra descargas atmosféricas e sobretensões (Deutsche Gesellschaft fur Sonnenenergie, 2008):

- Se já existir um sistema de proteção contra descargas atmosféricas no prédio, o sistema fotovoltaico deverá ser ligado ao mesmo. A exceção seria os sistemas que estão em locais expostos, que deverão possuir um sistema próprio de proteção.
- Se não tiver instalado nenhum sistema de proteção contra descargas atmosféricas, os módulos terão de ser ligados à terra e incorporados no conjunto equipotencial.
- Recomenda-se a instalação de descarregadores de sobretensão em ambos os lados do inversor (lado CC e CA).

2.3.1.7 Financiamento e subsídios

Os mais importantes dados de entrada numa análise econômica de um sistema fotovoltaico é o seu custo inicial e a quantidade de energia entregue cada ano, mas outros fatores também influenciam, incluindo os impostos de crédito ou outros incentivos econômicos como, por exemplo, os subsídios (Masters, 2005). O financiamento também pode influenciar como limitante do projeto, pois o comprador do sistema poderá não possuir o capital necessário para atingir o projeto ótimo.

2.3.1.8 Limitações feitas pelos usuários

Existem exigências ou limitações que podem ser feitas pelos utilizadores que, normalmente, causará piores índices econômicos. A aparência do módulo pode ser diferenciada pelas cores, transparência e flexibilidade, mas deve-se buscar a disponibilidade dos fabricantes de módulos sobre as reais possibilidades de aquisição de certas especificações.

A autolimpeza resulta da lavagem da sujeira pela água da chuva. Para esta autolimpeza, será suficiente os painéis serem colocados com um ângulo mínimo de inclinação de 12°. Maiores ângulos de inclinação aumentam a velocidade de escoamento da água da chuva e, conseqüentemente, melhoram a limpeza das partículas de sujeira (Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, 2008). Este quesito deve ser notificado quando for exigido, pelo utilizador, um ângulo de inclinação abaixo dos 12° para os módulos fotovoltaicos.

Um novo modo de instalar módulos é através dos BIPV (*Building Integrated Photovoltaics*) que dispensam a criação de novos espaços para sua instalação, pois podem ser aplicados em edificações já existentes sobre os telhados ou fachadas, servindo não apenas como fontes de energia, mas como elementos de sombreamento e diferencial arquitetônico da própria construção. As telhas fotovoltaicas e os módulos fotovoltaicos de película fina aplicados nas estruturas de vidro tem dois propósitos: produção de energia e estrutura da construção (Masters, 2005).

2.3.1.9 Parâmetros financeiros

Nos projetos financeiros, existem alguns parâmetros que são utilizados para a comparação entre eles. Um dos mais usados é o Valor Atualizado Líquido (VAL) que é o valor da soma de todas as saídas e entradas ao longo da vida útil do projeto atualizada para o valor presente (Dayananda *et al.*, 2002) e pode ser calculada pela equação (1).

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - CO \quad (1)$$

onde C_t é o fluxo de caixa no ano t , r é a taxa de atualização e CO é o investimento inicial.

Outro parâmetro é a Taxa Interna de Rendibilidade (TIR) que é a taxa de atualização onde o VAL se iguala a zero. Na avaliação de projetos, esta taxa deve ser maior que a taxa de atualização para que o projeto seja aceitável (Dayananda et al., 2002).

2.4 Softwares utilizados por projetistas (mobile e computadores)

Há muitas ferramentas disponíveis no mercado de ajuda ao projetista, mas poucas com características mais *mobile* na qual o *software* ajudará o utilizador *in situ*. Neste capítulo serão abrangidos alguns.

2.4.1 EasySolar

Produzido pela EasySolar (EasySolar, 2019) é um dos *softwares* que poderia usufruir do questionário que será realizado neste projeto, pois abrange várias etapas do projeto, desde a criação do projeto até o relatório que seria entregue ao cliente. Com este produto, o projetista pode fornecer um relatório ao cliente em pouco tempo *in situ*, basta escolher o local de instalação via Google Maps, escolher os módulos e a distância entre eles. Após, é possível fazer as especificações de equipamentos que serão utilizados e estimar a produção de energia gerada ao longo de um ano com a média de dados climatológicos.

Este não possui uma análise de sombreamento, ficando assim ao encargo do projetista colocar os módulos nos locais apropriados. Com a leitura das faturas de energia feita pelo utilizador, é realizada uma análise financeira do projeto, podendo essa ser entregue junto ao cliente no mesmo dia em que é feita a entrevista.

2.4.2 Onyx Solar Photovoltaic Estimation App

Outro *software* destinado a projetos fotovoltaicos é produzido pela Onyx Solar Group LLC (Onyx Solar Group, 2019). Neste destaca-se a implementação de BIPV no projeto, podendo ser feita uma simulação em edifícios de demonstração, conseguindo a apreciação financeira do projeto. Deste é utilizado alguns fatores importantes da tecnologia *mobile* como o giroscópio na qual pode-se determinar a inclinação do telhado e o azimute do mesmo para o posicionamento dos módulos

fotovoltaicos e o GPS com a localização para aquisição das médias dos dados meteorológicos de temperatura, velocidade do vento e umidade.

2.4.3 Step Solar

Produto produzido pela Step Robotics (Robotics, 2018), diferencia-se por disponibilizar um produto exclusivo para a câmera dos telemóveis, uma lente especial para que possa fazer uma análise de sombreamento no local, destacando-se no mercado por esta tecnologia. Graças ao seu produto, pode-se analisar o caminho do sol e projetar as sombras, e assim, providenciar ao utilizador com informações para saber onde colocar os painéis caso não queira pegar sombreamentos. Este *software* também faz uma análise financeira para um projeto e a realização de um relatório durante a visita ao local de instalação.

3. Metodologia

O desenvolvimento do questionário apresentado nesta dissertação insere-se num projeto chamado PV SPREAD, que possui como visão a democratização dos aproveitamentos fotovoltaicos, facilitando a forma de alcançar o melhor projeto fotovoltaico dentro das escolhas do cliente. PV SPREAD está sendo desenvolvido por três entidades, sendo duas empresas (Digitalmente, Novas Tecnologias de Comunicação LDA e Engibase – Engenharia e Construção LDA) e a FCT NOVA. Este projeto prevê um ecossistema que apoie de forma automatizada, rigorosa e integrada todas as etapas previstas na realização de um projeto fotovoltaico, desde a interação entre projetista/cliente até o relatório final do projeto que adequa todos os critérios, cálculos e limitações do projeto. Com os questionários desenvolvidos, foi utilizada a aplicação com a metodologia CAPI e posteriormente utilizou-se pilotos-teste para simular os efeitos num projeto. Dos pilotos-teste foram obtidos dados de consumo e caracterização do local conforme requisitado pelo questionário, e entre um deles está o estudo de caso deste trabalho.

Através da Revisão Bibliográfica apresentada como base, foi criado um questionário CAPI de forma que fossem obtidas todas as informações necessárias para realizar um projeto fotovoltaico ótimo, juntamente com experiência de engenheiros em diversas áreas, o questionário é apresentado em forma de fluxograma e dividido em duas partes com objetivo de obter uma melhor estruturação do questionário, sendo uma parte a entrevista direta com o cliente e a segunda podendo ser realizada de forma independente do cliente.

3.1 Visão Geral do Questionário

Com os dados obtidos no questionário são realizados os projetos ótimos para cada caso, e algumas variações nestes casos, de acordo com alguns parâmetros que o cliente possa limitar, demonstrando a importância desta metodologia para aquisição de todos os dados. O questionário desenvolve-se em duas etapas, primeiramente há a entrevista entre o projetista e o cliente, e posteriormente é realizado o trabalho de campo no local da instalação, onde são adquiridos dados pelo projetista através de instruções fornecidas pelo questionário.

As figuras 3.1 e 3.2 mostram o fluxograma resumidamente, onde em cada bloco haverá passos detalhados de como prosseguir com a entrevista. Analisando a figura 3.1, verifica-se que para adquirir os elementos desta etapa da melhor forma, a entrevista deve acontecer com perguntas diretas ao cliente, sendo necessário assim, sua presença para aquisição de todas as informações juntamente com a confirmação dos dados. Na figura 3.2, nota-se que a entrevista poderá ocorrer de forma que o entrevistador (com os devidos direcionamentos) consiga adquirir as informações para o projeto sem a participação do cliente.

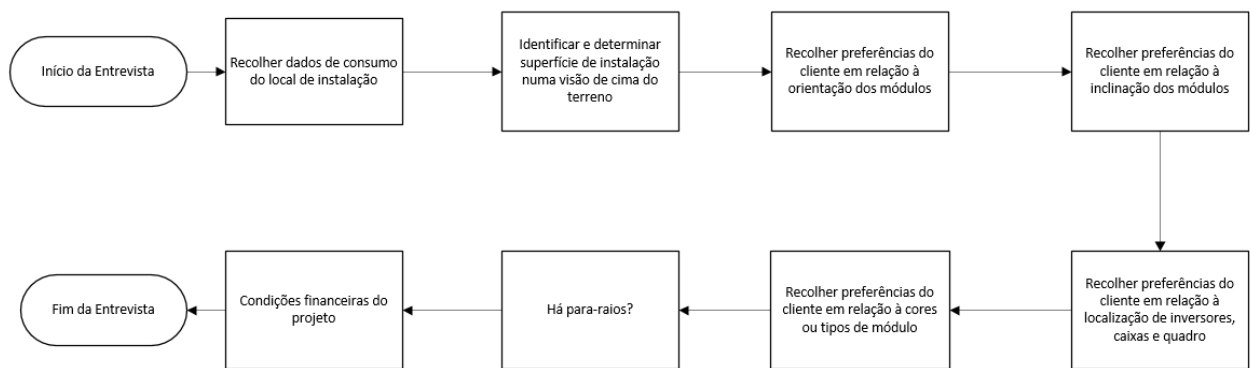


Figura 3.1 Fluxograma resumo da entrevista com o cliente

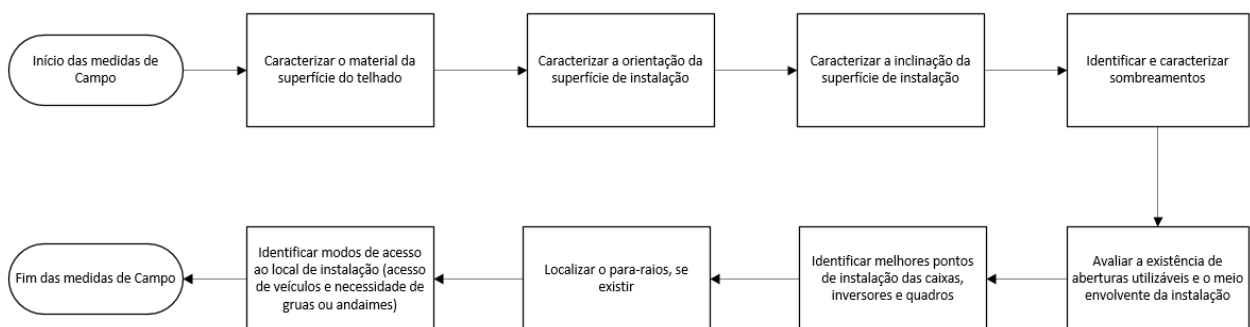


Figura 3.2 Fluxograma resumo da entrevista de campo

3.2 Etapa da Entrevista com Cliente

Esta etapa tem como base a figura 3.1, onde cada um dos blocos apresentados tem um fluxograma com os questionários e instruções ao utilizador de forma direta e concisa como apresentado na figura 3.3, na qual é possível observar vários caminhos que podem ser seguidos, tornando-o relativamente complexo. Este fluxograma tem como objetivo adquirir os dados de consumo do cliente.

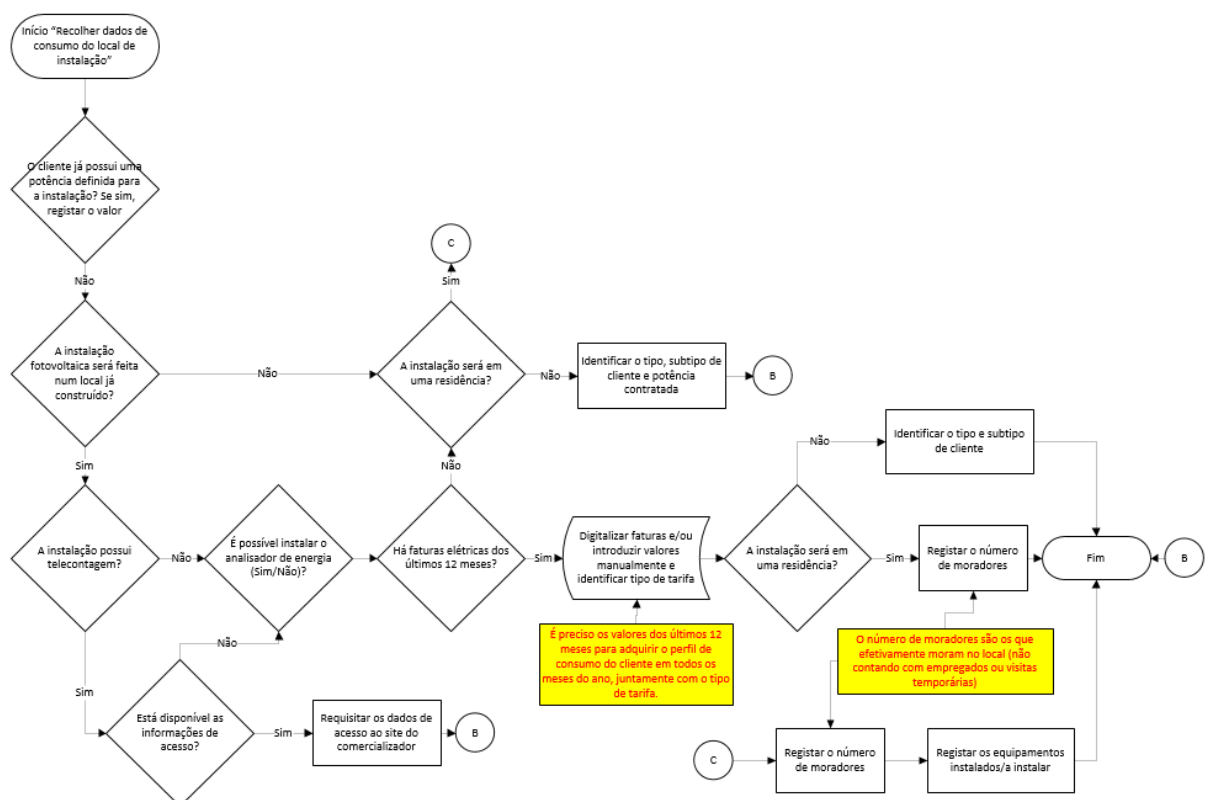


Figura 3.3 Fluxograma dos passos para aquisição dos dados de consumo

O perfil de consumo do cliente pode ser determinado das seguintes formas que são abordadas no fluxograma da figura 3.3:

- 1) Através de telecontagem, na qual os dados de consumo estarão registrados na *web* pela distribuidora.
- 2) Utilizando um analisador de energia que poderá ser instalado no local e medindo o fluxo de energia durante um tempo pré-determinado.
- 3) Analisando as últimas doze faturas de energia elétrica, para adquirir a demanda total de energia e determinar a flutuação dos valores dependentes em cada mês.
- 4) Identificando o local, sendo residencial ou não. Caso seja residencial, é necessário saber o número de moradores. No caso de não ser residencial, é necessário identificar o tipo, subtipo e demanda contratada.
- 5) Registrando os equipamentos instalados/a instalar no local onde será consumida energia proveniente da instalação fotovoltaica.

Os itens 4 e 5 são utilizados para modelar o consumo de energia local através do método de redes neurais, onde se utiliza determinados dados para prever como eles serão refletidos num cenário futuro, ou do método de Richardson, que é um algoritmo desenvolvido para determinar o padrão de consumo a partir do número de pessoas e se há ou não determinados equipamentos na residência. Estes métodos não são o foco deste trabalho e juntamente com os tipos e subtipos de construções industriais no fluxograma do consumo serão definidos posteriormente para ajudar no método de rede

neural. Os cálculos que serão realizados posteriormente por um algoritmo, poderão utilizar uma ou mais combinações dos itens citados anteriormente.

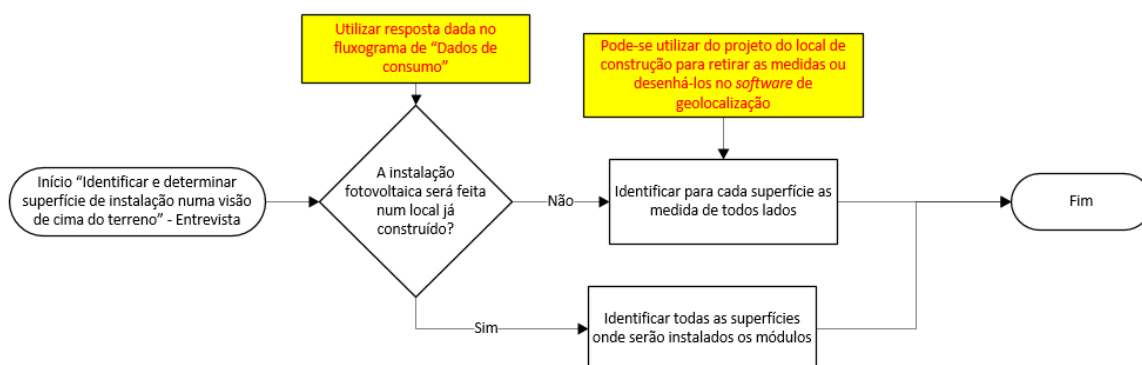


Figura 3.4 Fluxograma dos passos para identificação das superfícies de instalação

Na figura 3.4 é ilustrada a identificação das superfícies onde serão instalados os módulos fotovoltaicos. Para identificação das superfícies, será utilizado um *software* de geolocalização na qual poderá selecionar as diferentes superfícies, sendo cada uma posteriormente identificada por diversos fatores que influenciam no modo e nos custos de instalação. No caso de o cliente ter respondido, no questionário da figura 3.3, que o local do projeto de instalação dos módulos ainda está em construção, não haverá como identificar as superfícies pelo *software* neste momento, portanto será necessário caracterizá-lo através de entradas manuais do utilizador no qual os valores podem ser adquiridos diretamente com o cliente ou com o projeto da planta da construção.

Na figura 3.5 é mostrado o fluxograma para recolher as preferências do cliente em relação à orientação dos módulos. A produção de energia poderá ser limitada dependendo da imposição por parte do cliente, caso seja muito diferente da posição ideal. O fluxograma da figura 3.5 possui um caminho para o caso de o cliente não ter preferência em relação à orientação do módulo, sendo assim, o algoritmo escolherá o ângulo ótimo de orientação para o projeto. Caso o cliente tenha preferência neste ponto, será requisitado qual o ângulo de orientação desejado por ele, onde poderá identificar um lado da superfície da instalação para que fique em paralelo com um lado do telhado ou, caso o cliente tenha um ângulo específico, esse poderá ser medido por alguma ferramenta disponível para o utilizador.

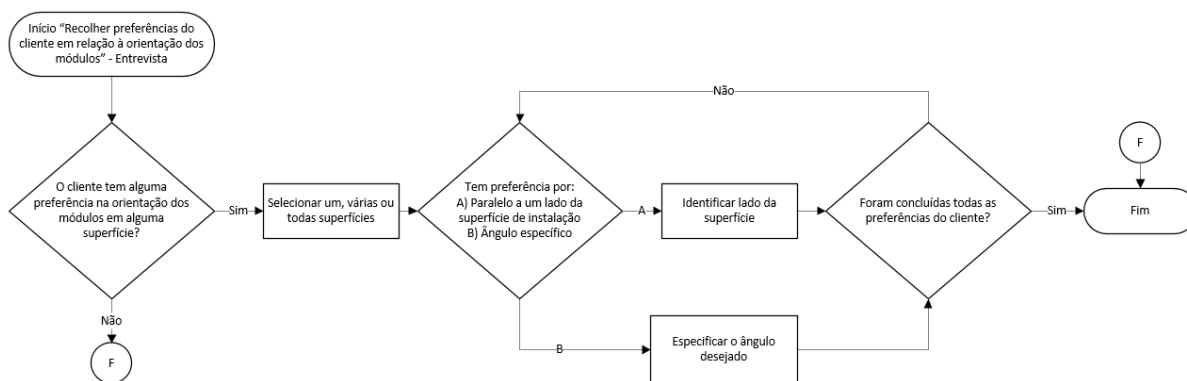


Figura 3.5 Fluxograma para recolha de preferências do cliente em relação à orientação

Na figura 3.6 é apresentado o fluxograma para recolher as preferências do cliente em relação à inclinação dos módulos. Este fluxograma questiona se o cliente possui alguma preferência em relação ao ângulo de inclinação dos módulos, pois caso não tenha, será indicado para o projeto o ângulo ótimo. Para o caso de o cliente ter preferências, existem algumas possibilidades de como determinar o ângulo de inclinação, escolhendo para deixar os módulos com a mesma inclinação da superfície (paralelo a superfície) de instalação ou especificar o ângulo de preferência. Deve-se lembrar de notificar o cliente que é recomendável que os módulos tenham uma inclinação mínima de 12° devido a autolavagem, que pode ter um impacto significativo na produção de energia dos módulos (o impacto dependerá da envolvente, devido a poluição, árvores próximas e/ou situações em que há neve no local) e que colocar em ângulo diferente do que está o telhado resultará em maiores custos de instalação.

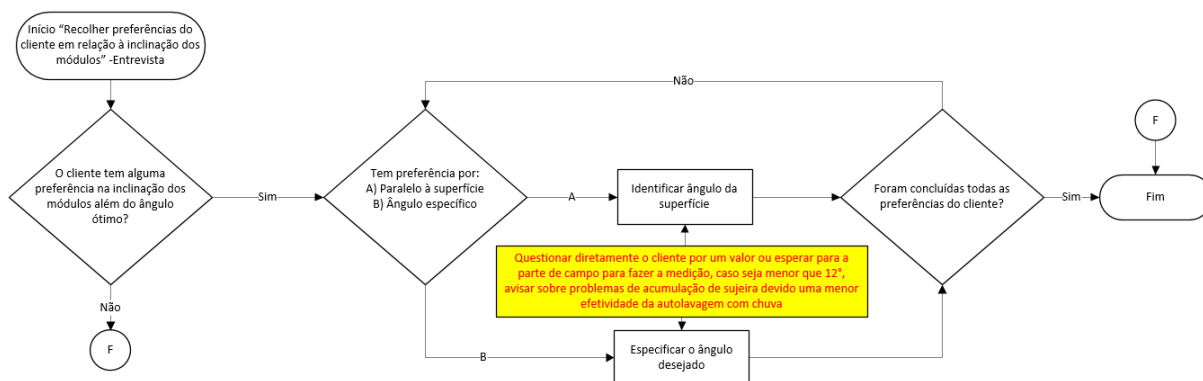


Figura 3.6 Fluxograma para recolha de preferências do cliente em relação à inclinação

A figura 3.7 apresenta o fluxograma para recolha das preferências do cliente em relação à localização da caixa de junção geral, dos inversores e do quadro elétrico responsável pela instalação. Como em outras recolhas de preferências, caso o cliente não tenhas preferências, será escolhida a localização ótima do projeto. Caso o cliente tenha preferência por local, deve-se observar que os locais escolhidos estejam respeitando as recomendações dos fabricantes dos produtos.

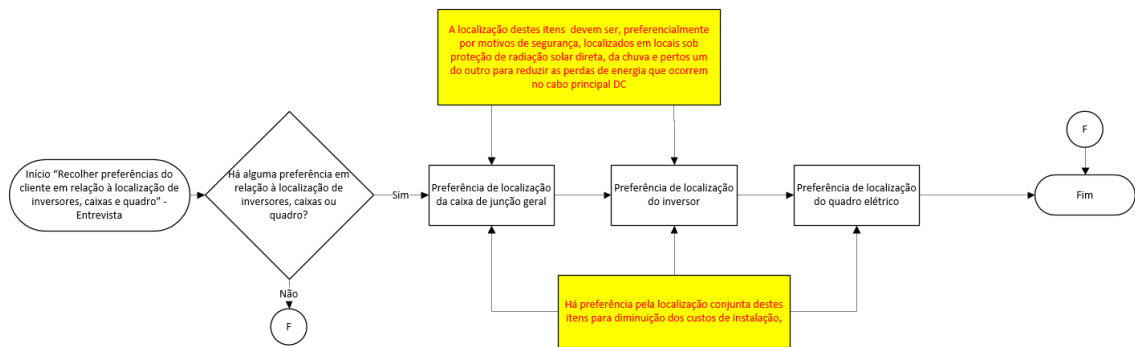


Figura 3.7 Fluxograma para recolha de preferências do cliente em relação à localização de inversores, caixas e quadro

Na figura 3.8 é apresentado o fluxograma para recolha de preferências do cliente em relação às cores e tipos de módulos. As escolhas do cliente por cores e tipos de módulos está restrito ao vendedor de equipamentos do utilizador, sendo necessário ter as informações do que é possível de adquirir no momento da entrevista. Nota-se que estas escolhas podem aumentar o custo e o tempo para começar a instalação do cliente, pois depende do estoque disponível do vendedor de módulos fotovoltaicos.

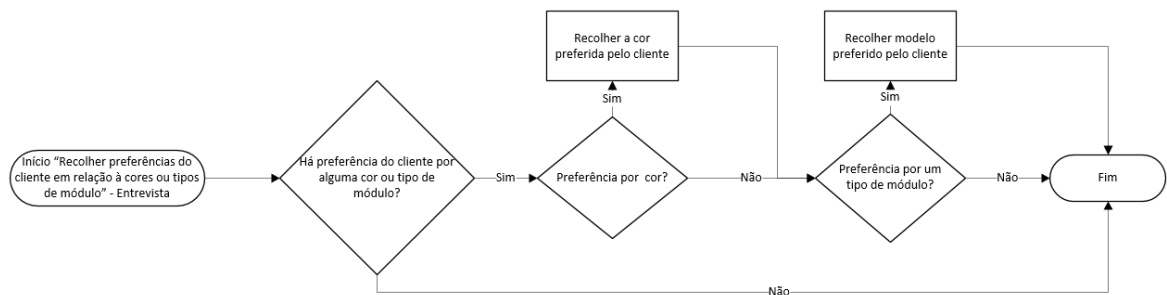


Figura 3.8 Fluxograma para recolha de preferências do cliente em relação às cores e tipo de módulo

A figura 3.9 apresenta o fluxograma com a etapa para identificar se há para-raios no local de instalação dos módulos fotovoltaicos. Necessário ter esta informação para saber se haverá o custo de instalar um novo para-raios ou de adequá-lo de forma que a instalação fique protegida.



Figura 3.9 Fluxograma para identificar existência de para-raios

Na figura 3.10 é apresentado o fluxograma para determinar as condições financeiras do cliente. Nesta etapa da entrevista é requisitado o valor máximo disponível de investimento para todo o projeto (quanto o cliente está disposto a investir) e se dentro deste valor será necessário empréstimo. Para o caso de o comprador querer optar por definir algumas variáveis financeiras, ele tem a opção de determinar a taxa de atualização e o horizonte de investimento. Esses dados são indispensáveis para calcular a TIR, VAL e o período de retorno do investimento para o cliente.

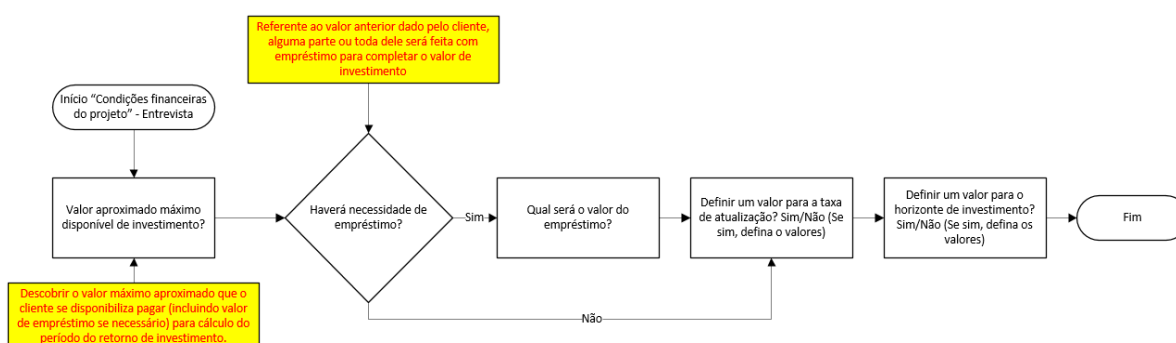


Figura 3.10 Fluxograma para determinar condições financeiras do cliente

3.3 Etapa da Entrevista no Campo

Esta etapa da entrevista o utilizador do questionário poderá realizar no lugar em que será feita a instalação fotovoltaica e sem a presença do cliente. Os fluxogramas resumem-se em dar instruções ao utilizador na qual todas as informações encontram-se de fácil entendimento. Ela seguirá da forma apresentada na figura 3.2.

Na figura 3.11 é apresentado o fluxograma para identificar os possíveis sombreamentos que existirão no local de instalação. Na identificação dos sombreamentos, são utilizados dois métodos dependendo da distância da fonte do sombreamento para o local da instalação. No caso de ser uma

fonte próxima, necessita saber que tipo de fonte é para facilitar o uso na aplicação e se for árvore, identificar o tipo de folha. Quando for uma fonte de sombra mais afastada, será necessário tirar fotos do mesmo para posteriormente ser feita análise das imagens para fazer a projeção do sombreamento. O algoritmo de como será feita essa análise de imagens não fará parte desta dissertação.

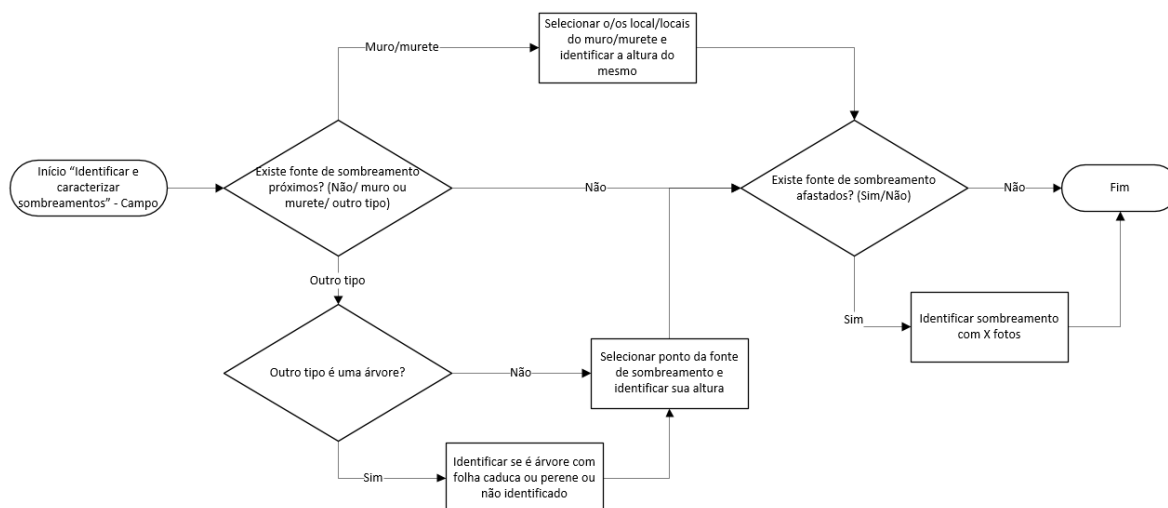


Figura 3.11 Fluxograma de identificação das fontes de sombreamento

Uma situação que dificultaria a caracterização dos sombreamentos é no caso de o local da instalação ainda estar em construção, o que pode ser identificado no questionário da figura 3.3. O que deve ser feito para contornar este tipo de circunstância é realizar esta etapa em conjunto com o cliente e com o projeto da planta da construção em mãos.

Na figura 3.12 é apresentado o fluxograma na qual se identifica o material que é composta a superfície de instalação e o seu formato. Cada superfície diferente identificada com o fluxograma da figura 3.4 deve ser caracterizada.

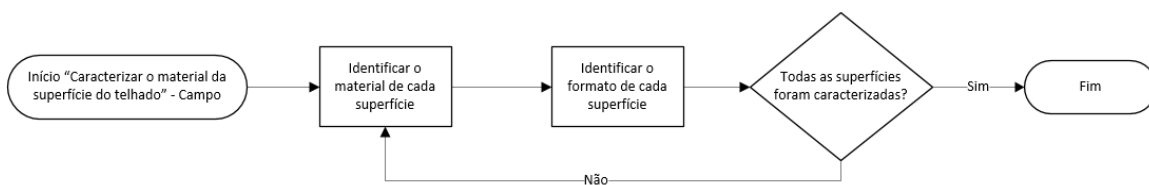


Figura 3.12 Fluxograma para caracterização das superfícies

As características pré-definidas foram criadas com a ajuda de um engenheiro, diretor-geral de uma empresa de construção civil que é parceira do projeto PV SPREAD. Os diferentes materiais podem ser identificados como:

- Telha de barro (lusa, Marselha, aba/canudo);

- Betão/ laje aligeirada;
- Vidro;
- Policarbonato;
- Zinco/chapa zincada;
- Chapa “sandwich” alumínio trapezoidal;
- Fibrocimento.

Posteriormente, poderão ser adicionados outros materiais pelo próprio usuário. Os formatos podem ser identificados como:

- Uma, duas, três ou quatro águas;
- Plano;
- Telhado com mansarda;
- Dente-de-serra (“shed”).

O fluxograma para caracterizar a orientação da superfície de instalação é apresentado na figura 3.5. Esta etapa somente será necessária no caso de a instalação ser em um local já construído, pois caso contrário, a orientação já estará identificada pela planta da construção.

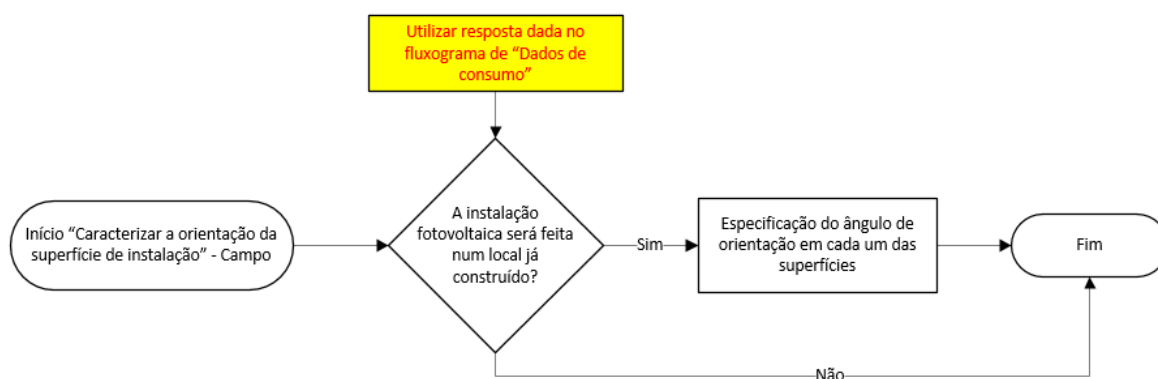


Figura 3.13 Fluxograma para aquisição da orientação dos módulos em campo

Na figura 3.14 é apresentado o fluxograma de aquisição da inclinação de todas as superfícies existentes da instalação. As superfícies podem ser medidas através de ferramentas existentes no aparelho da aplicação.



Figura 3.14 Fluxograma para adquirir a inclinação da superfície em campo

Na figura 3.15 é mostrado os passos para identificação da localização de importantes equipamentos para o correto funcionamento da instalação, como a caixa de junção geral, o inversor, o quadro elétrico e a disponibilidade de espaço na caixa do contador (ver se há necessidade de instalar uma nova caixa ou se é possível utilizar o espaço já existente). Importante ressaltar que todos os locais escolhidos devem seguir todas as recomendações providas pelos desenvolvedores dos equipamentos para extensão de sua vida útil e bom funcionamento (menor necessidade de manutenção).

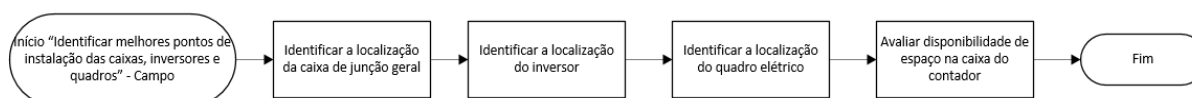


Figura 3.15 Fluxograma para identificação dos locais de instalação de certos equipamentos

Na figura 3.16 é apresentado o fluxograma para análise da envolvente da instalação, necessária para, principalmente, obter um valor mais preciso para perdas por sujidade advindas de árvores e chaminés, entre outros. Adicionalmente, é feita a identificação de aberturas já existentes que podem ser utilizadas para passagem de cabos e a não necessidade de utilização de alguns equipamentos para fazer uma nova abertura, não sendo necessário investimento neste quesito. Para identificação das aberturas, são utilizadas fotos e/ou identificação do local delas para posterior cálculo da quantidade de cabo necessária.

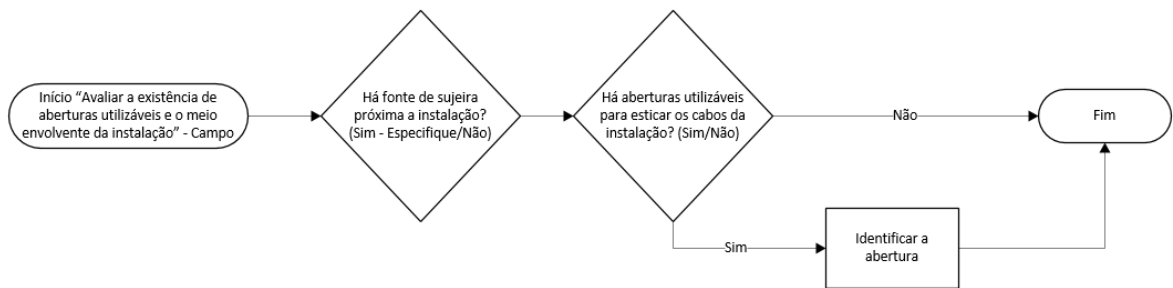


Figura 3.16 Fluxograma de avaliação de envolvente e aberturas utilizáveis

Na figura 3.17 é apresentado o fluxograma para analisar o acesso ao local de instalação e se são necessários alguns equipamentos. No fluxograma é requisitada uma análise do utilizador para avaliar o acesso ao local de instalação. Primeiramente, se o acesso é direto por veículo facilitando o transporte de todos os equipamentos. Posteriormente, se é necessário utilizar grua ou andaime, pois isso acarretará custos adicionais ao projeto. Estes serão necessários quando o local de instalação possui algum tipo de dificuldade de acesso.

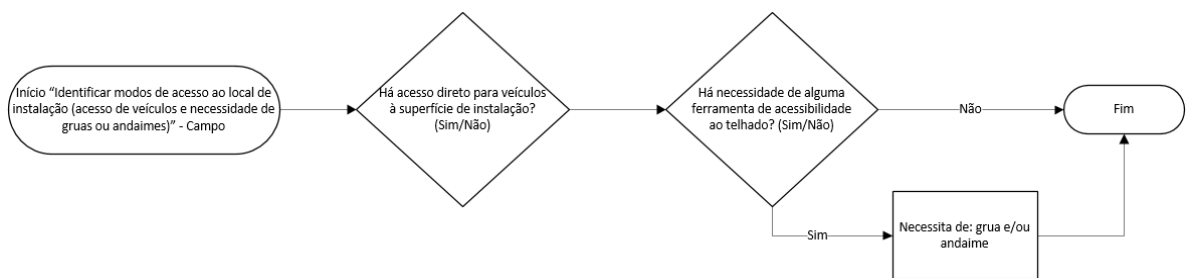


Figura 3.17 Fluxograma de análise dos acessos ao local de instalação

3.4 Entrevistas

As entrevistas foram realizadas para avaliar o funcionamento dos fluxogramas e da aplicação, porém estas foram limitadas devido as intercorrências geradas pela pandemia causado pelo SARS-CoV-2. Foram feitas duas entrevistas, a primeira com um especialista em projetos fotovoltaicos, diretor executivo da ENGELB, e a segunda com um parceiro do PV SPREAD, gerente da Digitalmente cuja empresa está desenvolvendo a aplicação. Ambos possuem interesse neste projeto porque de um lado, especialista utilizaria o questionário para obtenção de dados, ou seja, ser o entrevistador, e do outro, o parceiro do projeto que simularia o cliente e está diretamente envolvido no desenvolvimento da aplicação.

3.4.1 Entrevista com especialista em projetos fotovoltaicos (diretor executivo da ENGELB – Consultoria e Engenharia, Lda)

A entrevista com o especialista ocorreu de forma que simulasse o encontro com um cliente, dono do local de instalação. Ela foi realizada numa residência onde a ENGELB estava instalando módulos fotovoltaicos.

O entrevistado comentou sobre os tipos de materiais que existem na superfície de instalação e de o quanto é importante ter uma boa base de dados. Foi explicado a ele que haverá uma base de dados padronizada, mas que o utilizador da aplicação terá liberdade de adicionar mais tipos de materiais. Os que foram adicionados inicialmente, são os tipos mais comuns, juntamente com o formato (vide figura 3.12). Um ponto importante na entrevista, foram as suas colocações em relação a estética do projeto, enfatizando que os clientes optam por instalar os cabos e equipamentos em locais mais escondidos, tendo o projetista que balancear os dois para chegar em um consenso que seja melhor o cliente.

O especialista também citou que normalmente em residências com telhados inclinados não vale a pena impor uma estrutura para os módulos, pois acarretará num maior custo devido as estruturas e numa maior tensão imposta sobre o telhado, pois além do peso do equipamento e dos módulos, o vento será um fator significativo nesta força. Outro ponto é que com os módulos instalados na mesma inclinação do telhado, haverá menor impacto visual para o cliente dependendo do envolto do telhado. Para avaliar o melhor para o cliente, deverá ser feita uma análise dos resultados, comparando os valores de ganho financeiro no caso de instalação dos módulos com inclinação de maior produção (ângulo ótimo) e em caso de inclinação igual ao do telhado e, posteriormente, uma apresentação dos dados ao cliente para que ele faça a escolha com suas preferências.

3.4.2 Entrevista com parceiro do PV SPREAD (gerente da Digitalmente – Novas Tecnologias de Comunicação, Lda)

A entrevista com o parceiro do PV SPREAD ocorreu de forma que simulasse uma entrevista real com cliente. Não foi possível que algumas etapas da entrevista ocorressem, pois, algumas funcionalidades da aplicação ainda estão sendo desenvolvidas e não foram concluídas até a data da entrevista, como, por exemplo, a disposição da superfície de instalação e as fontes de sombreamento, por não ser possível estar fisicamente no local da instalação.

As respostas apresentaram aspectos importantes para o questionário, devido principalmente ao fato de o local de instalação dos módulos fotovoltaicos ainda não ter sido construído. Dessa forma, o fluxograma da figura 3.4 fica limitado por não ser possível identificar a superfície de instalação da melhor maneira. Assim, estas devem ser caracterizadas utilizando as questões das figuras 3.5 e 3.6 através de uma planta do local de construção.

Outra consequência de o local de instalação estar em construção, é a identificação de sombreamentos (figura 3.11) e de envolventes/aberturas (figura 3.16) não sendo possível realizar estes fluxogramas completamente. Os sombreamentos locais são difíceis de localizar, contudo os sombreamentos mais distantes podem ser caracterizados. Em relação às envolventes/aberturas, seria necessário trabalhar com o que foi projetado para a construção e registrar esses dados para o projeto fotovoltaico, como é apresentado no fluxograma da figura 3.16.

3.4.3 Aprimoramentos do questionário

Através dos comentários dos entrevistados a partir das entrevistas foi possível esclarecer algumas questões que não poderiam ser respondidas diretamente, dependendo de algumas condições do cliente. Também foi possível notar a importância de se ter uma visão mais estética da instalação. Por exemplo, a colocação dos cabos em locais estratégicos para que estes não fiquem demasiado expostos, com instruções mais claras ao utilizador da aplicação em relação a este tópico, mesmo em casos que o cliente possa não demonstrar interesse nisto. Foram feitas alterações nos fluxogramas originais, resultando nas versões apresentadas neste trabalho.

4. Utilização da Aplicação e Estudo de Caso

Neste capítulo é apresentada e testada a aplicação desenvolvida pela empresa Digitalmente para implementar a metodologia proposta nesta dissertação. A implementação da aplicação ainda está em desenvolvimento seguindo os passos dos fluxogramas já apresentados.

Serão exibidas algumas imagens apresentando o funcionamento da aplicação e como ela se desenvolve durante a entrevista. Em etapa posterior, será demonstrado um estudo de caso em que os diferentes índices econômicos de um projeto serão apresentados dependendo de diferentes opções que o cliente possa responder ao ser questionado pelo entrevistador.

4.1 Aplicação

A aplicação que será utilizada para realização da entrevista e do trabalho de campo é desenvolvida pela Digitalmente, promotor líder do projeto PVSPREAD. Esta ferramenta ainda está em fase de protótipo, não estando concluída até o momento. A figura 4.1 exibe a tela inicial da aplicação.



Figura 4.1 Tela inicial da aplicação

Observa-se na figura 4.1 que o utilizador terá duas opções iniciais, na qual é apresentada a lista de clientes, onde poderá identificar os clientes com as informações pessoais juntamente com a morada fiscal. Seguidamente, nota-se a opção da lista de questionários, na qual pode-se realizar um novo questionário com um dos clientes registrados ou rever uma entrevista já realizada anteriormente.

A figura 4.2 apresenta o início da entrevista, na qual se responde às questões seguindo os blocos da figura 3.1. Para aprimoramento da aplicação, haverá definições de termos técnicos e ajuda com imagens de equipamentos para auxiliar o utilizador a explicar dúvidas que os clientes possam vir a ter. Conforme as perguntas vão sendo respondidas, novas perguntas vão aparecendo na tela da aplicação, seguindo a lógica dos fluxogramas apresentados anteriormente.

Figura 4.2 Tela inicial da entrevista

A figura 4.3 apresenta o início do trabalho de campo com a aplicação, que segue a mesma ordem dos blocos no fluxograma da figura 3.2. Por ser uma etapa que não necessita de muitas questões *filler*, os dados para serem colocados já estão expostos para que o utilizador possa preenchê-los da forma que lhe for mais conveniente.

Figura 4.3 Tela inicial do trabalho de campo

4.2 Estudo de caso

Para testar alguns diferentes casos que possam ocorrer ao fazer a entrevista, um episódio será simulado e os resultados financeiros para o cliente do utilizador da aplicação serão discutidos. Ela se diferenciara na forma de preferências escolhidas pelos clientes (diferentes respostas na entrevista), independente das motivações dos próprios.

4.2.1 Moradia na Herdade de Aroeira, Almada

Neste estudo de caso, a diferença será na preferência de ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos. Na figura 4.4 mostra-se a tela na qual o utilizador, por escolha do cliente, seleciona a opção de um ângulo específico de inclinação, e neste caso em particular, um ângulo de 20° foi escolhido.

Ao pesquisar o ângulo onde é adquirido a maior média de irradiância no ano pelo PVGIS no local da instalação, diz ser o ângulo de 35° o ótimo. Foi instalado um analisador de energia, para obter o consumo diário do cliente, que adquiriu uma leitura da potência de saída num intervalo de tempo 15 em 15 minutos.

←

Questionário

PERGUNTAS

O cliente tem alguma preferência na inclinação dos módulos além do ângulo ótimo?

☒ Sim
 ☐ Não

Tem preferência por:

105 - Ângulo específico

▼

Especificar o ângulo desejado

20

Há alguma preferência em relação à localização de inversores, caixas ou quadro?

☐ Sim
 ☒ Não

Cliente

Morada

Entrevista

Trabalho...

Figura 4.4 Tela com escolha de preferência por um ângulo específico de inclinação

A leitura deve abranger todos os dias da semana para obter uma referência de consumo nos dias úteis, sábados e domingos, pois em cada uma das situações citadas, os horários no vazio e fora do vazio são diferentes, conforme é apresentado na figura 4.5. Na tabela 4.1, apresenta-se as taxas para opção bi-horária.

Opção de ciclo semanal - Hora legal de Verão

Dia	Fora de vazio (0h - 7h)	Vazio (7h - 24h)
Seg. a Sexta	0h - 7h	7h - 24h
Sábado	0h - 9h	9h - 14h
Domingo	0h - 24h	

Opção de ciclo semanal - Hora legal de Inverno

Dia	Fora de vazio (0h - 7h)	Vazio (7h - 24h)
Seg. a Sexta	0h - 7h	7h - 24h
Sábado	0h - 9h30	9h30 - 13h
Domingo	0h - 24h	

Figura 4.5 Faixa de horários dentro e fora do vazio (EDP, 2020)

39

Tabela 4.1 Tarifas para consumidores com opção bi-horária

Parâmetro	Tarifa + IVA (€/kWh)
Fora do Vazio	0,2258
Vazio	0,1137
Venda Excedente	0,0063

Para conhecer a carga energética do cliente ao longo de todo o ano é utilizada a técnica de escalonamento das leituras obtidas anteriormente. Esta técnica resume-se em escolher um mês como referência (é escolhido o mês em que foram feitas as medições) e a partir deste determinam-se os desvios comparando os valores de energia consumida em cada mês do ano. Por exemplo, se no mês de referência (setembro) é consumido 100 kWh e em outro mês (janeiro) é consumido 172 kWh (o que pode ser adquirido através da fatura elétrica), há um valor percentual em relação a referência de 172%. Ao saber o desvio de um mês em relação ao de referência, pode-se escalonar as leituras realizadas para os outros meses. No exemplo citado anteriormente, as leituras realizadas no mês de setembro seriam reaplicadas e multiplicadas por 1,72 no mês janeiro, sendo possível descrever o comportamento de consumo do cliente ao longo do ano, sem a necessidade de fazer medições em cada mês, somente sendo preciso fazer a leitura do consumo de cada mês através das faturas elétricas anteriores.

Na tabela 4.2, nota-se como ficará o escalonamento. O mês de referência é o de setembro, este sendo o mês na qual foi feita a leitura com o analisador de energia.

Tabela 4.2 Percentual em relação ao mês de referência na carga total por mês

Mês	Percentual em relação a referência
Janeiro	172%
Fevereiro	163%
Março	163%
Abril	153%
Maio	86%
Junho	86%
Julho	99%
Agosto	155%
Setembro	100%
Outubro	106%
Novembro	157%
Dezembro	157%

Alguns dados que serão considerados para ambos os projetos são:

- O módulo utilizado no projeto é o AXIpremium AC-280PH/60S (ANEXO A).

- Preço para o suporte, montagem, estrutura e outros equipamentos serão iguais a 80% do custo somado dos módulos e do inversor.
- O preço da tarifa paga a distribuidora aumenta 3,8%/ano.
- Custo de operação/manutenção será igual a 1,5% do investimento inicial.
- O projeto terá um horizonte de investimento de 15 anos.
- 10% de perdas em diferenças entre módulos, sujidade e perdas de Joule no cabo DC.
- Perdas no inversor calculados a cada 15 minutos devido as leituras serem neste mesmo intervalo de tempo.
- 1% de perdas de Joule no cabo AC.
- Taxa de atualização de 6%.

O valor de aumento da tarifa é resultado do aumento da tarifa média doméstica nos últimos 10 anos (Santos, 2019). Um delimitador do projeto é o espaço físico para a instalação, sendo assim, somente seria possível instalar um máximo de dezoito módulos fotovoltaicos deste modelo dentro da área útil disponível. Sabendo disso, os cálculos serão realizados de forma a alcançar a maior TIR possível, tendo como limitante que seja instalado no máximo dezoito painéis.

Durante os cálculos de produção de energia elétrica, é importante especificar a temperatura que o módulo poderá alcançar enquanto estiver produzindo, pois isso afeta diretamente a sua eficiência e seus valores de tensão e corrente e, conseqüentemente, é necessário para conhecer a faixa de segurança que o inversor deve possuir. Os valores da variação de potência, tensão e corrente podem ser consultados no seu *datasheet* (ANEXO A). Sabendo do modelo do módulo e que é possível instalar no máximo 18 módulos, sabe-se que poderá ser instalado no local uma potência máxima de 5040 Wp

O inversor escolhido é o SMA Sunny Boy 5.0 -1AV-41, pois a potência de instalação está próxima de 5 kWp, que é a potência nominal deste equipamento. Todas as suas limitações de tensão e corrente foram consideradas tornando esta instalação possível e quando os módulos estiverem produzindo, estará dentro da faixa de trabalho do inversor onde atuará o MPPT (*maximum power point tracker*). Ele possui uma eficiência variável dependendo da potência que chega no lado DC, a qual pode ser consultada no *datasheet* (ANEXO B).

4.2.1.1 Inclinação de 35° (Cenário 1)

Foi realizada uma análise financeira do projeto para o caso de o cliente escolher a opção de não ter preferência de ângulo de inclinação do módulo, o que seria a resposta “Não” na primeira pergunta da figura 4.4. É apresentado um excerto do Excel (apêndice A) com os resultados da energia produzida pelos módulos no mês de janeiro, na qual apresenta os valores após cada perda que ocorre, desde os módulos até o quadro de energia do cliente.

Como resultado destas análises, são obtidos os gráficos da figura 4.6 e 4.7. Na figura 4.6 são apresentados resultados para energia produzida e consumo médio do cliente nos dias úteis, sábados

e domingos, no mês de janeiro. Na figura 4.7 são apresentados os mesmos parâmetros mudando somente o mês de análise para julho.

É importante comparar as figuras 4.6 e 4.7 para avaliar a diferença que há na produção durante o inverno (figura 4.6) e o verão (figura 4.7). Outro fator interessante é observar que nos dias úteis do inverno, a produção nunca supera a carga, portanto não haverá vendas de excedentes à distribuidora. Para comparação entre os dois ângulos, é interessante analisar a produção de energia da instalação anualmente durante cada mês, observando as diferenças dependendo da estação do ano (figura 4.8).

Quadro de carga (janeiro)

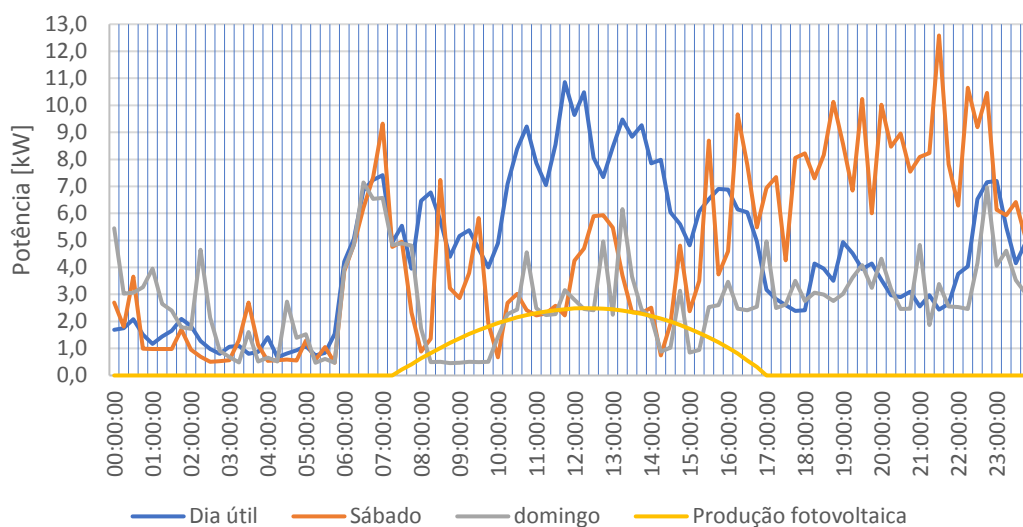


Figura 4.6 Diagrama de carga e energia produzida em janeiro no cenário 1

Quadro de carga (julho)

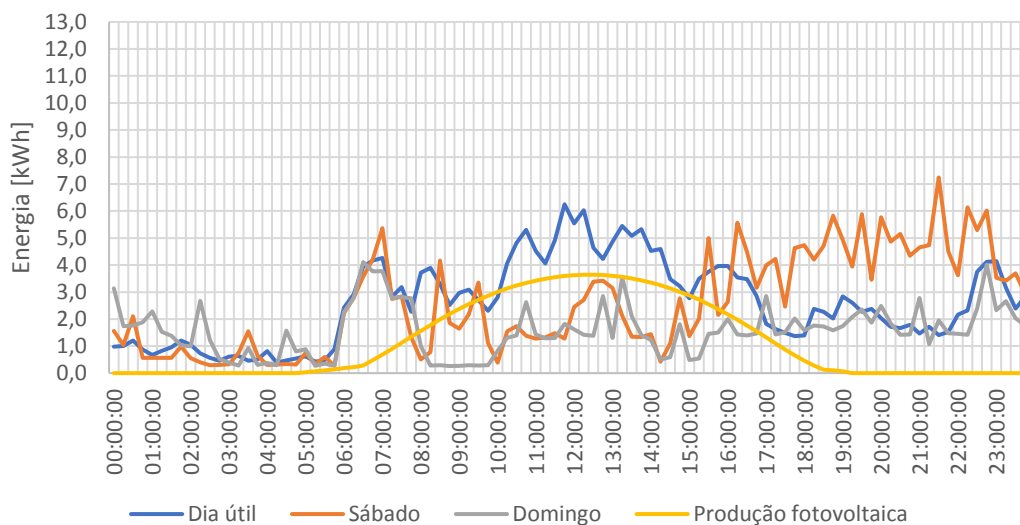


Figura 4.7 Diagrama de carga e energia produzida em julho no cenário 1

Observando a figura 4.6 nota-se que o valor de pico na produção fotovoltaica na média diária de janeiro ocorre no intervalo entre às 12:15 e 12:30 e é de 2490,48 kW, enquanto na figura 4.7 o pico de potência produzido é no mesmo intervalo de tempo com o valor de 3642,20 kW.

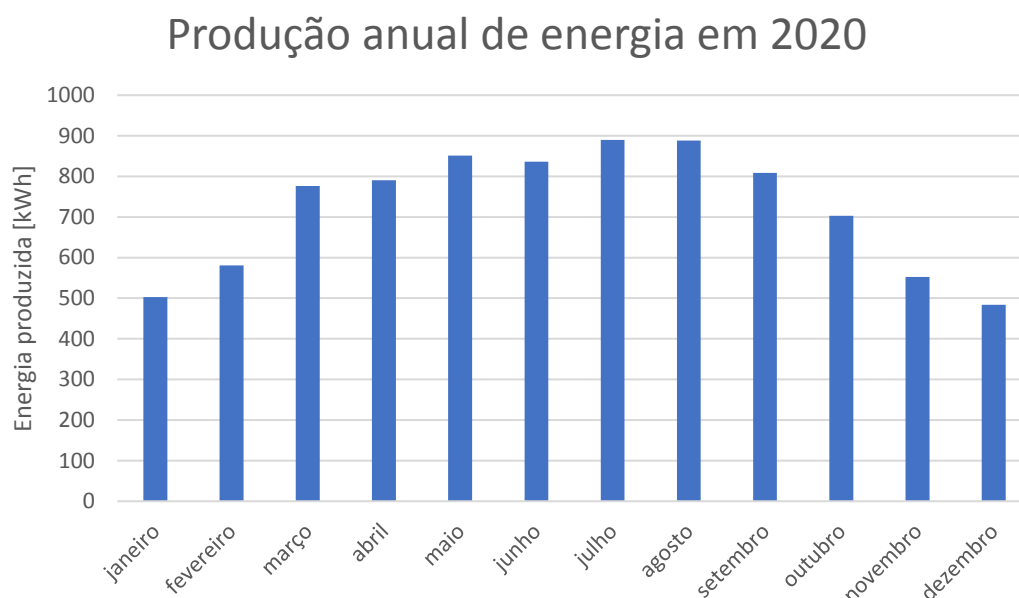


Figura 4.8 Produção anual de energia no cenário 1

É apresentado na figura 4.8 o perfil de produção de energia fotovoltaica no ano de 2020, onde o mês de maior produção é julho, com produção de 889,50 kWh de energia enquanto no pior mês (dezembro) foi produzido 483,56 kWh.

4.2.1.2 Inclinação de 20° (Cenário 2)

Foi realizada uma análise financeira do projeto para o caso de o cliente escolher a opção de ter preferência do ângulo de inclinação do módulo, igual a 20°, o que seria a resposta “Sim” na primeira pergunta da figura 4.4 e, posteriormente preenchido com valor “20”. Na figura 4.9 são apresentados os resultados para energia produzida e consumo médio do cliente nos dias úteis, sábados e domingos, no mês de janeiro. Na figura 4.10 são apresentados os mesmos parâmetros, mas dessa vez para os resultados do mês de julho. Na figura 4.11 é apresentado a produção anual de energia pela instalação com inclinação de 20° dos módulos.

Quadro de carga (janeiro)

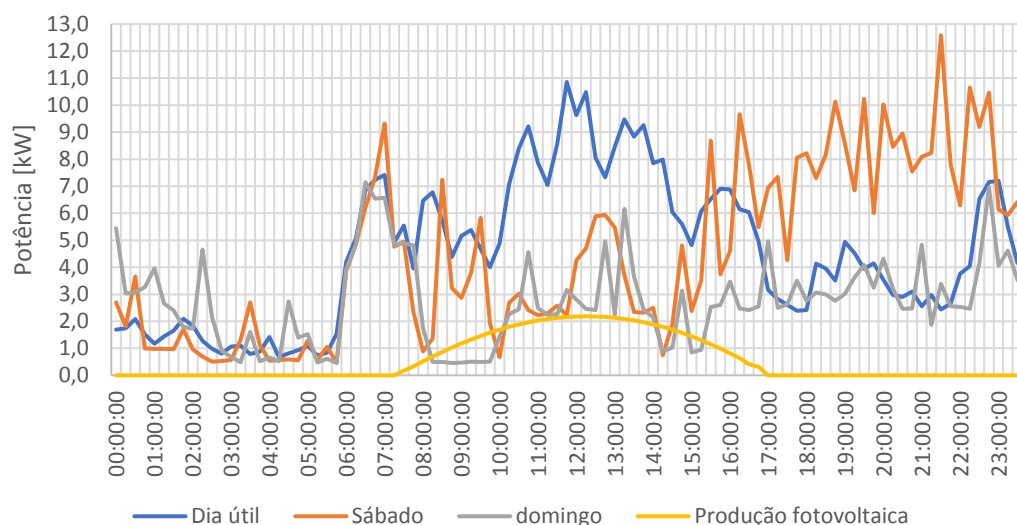


Figura 4.9 Diagrama de carga e energia produzida em janeiro no cenário 2

Quadro de carga (julho)

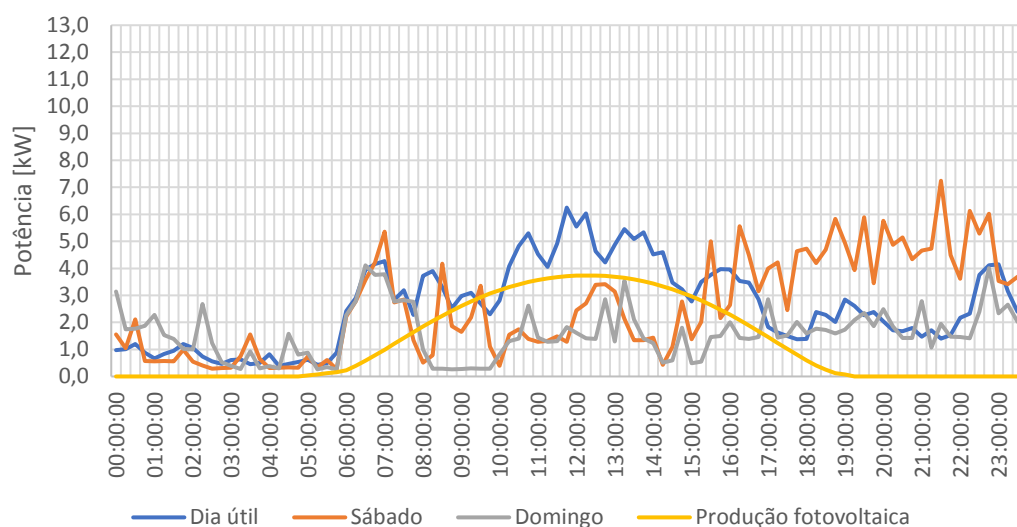


Figura 4.10 Diagrama de carga e energia produzida em julho no cenário 2

Observando a figura 4.9 nota-se que o valor de pico na produção fotovoltaica na média diária de janeiro ocorre no intervalo entre às 12:15 e 12:30 e é de 2183,80 kW, enquanto na figura 4.10 o pico de potência produzido é no mesmo intervalo de tempo com o valor de 3733,40 kW.

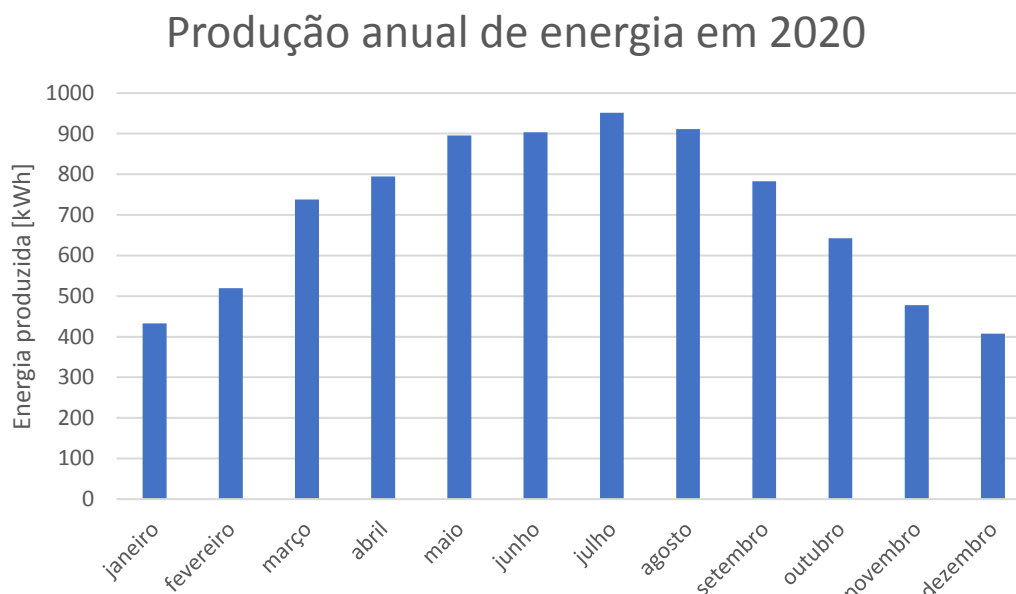


Figura 4.11 Produção anual de energia no cenário 2

Na figura 4.11 é apresentada a produção de energia fotovoltaica durante o ano de 2020, sendo o mês de maior produção (julho) com produção de 952,00 kWh de energia enquanto no pior mês (dezembro) foi produzido 407,69 kWh.

4.2.1.3 Comparação entre os dois cenários

A comparação entre os resultados obtidos para cada cenário permite uma melhor visualização do impacto gerado pelo ângulo utilizado, possibilitando analisar o melhor projeto fotovoltaico para o cliente. Os preços dos módulos e do inversor foram retirados de um *website* de vendas internacionais de equipamentos para projetos fotovoltaicos (<https://www.europe-solarstore.com>). O custo dos equipamentos juntamente com os valores de todos os serviços necessários e estruturas, resultaram num investimento inicial de 6.744,60 €, ficando assim com um custo total de instalação de 1,34 €/Wp, pois a instalação possui uma potência de 5040 Wp.

Dessa forma, através da comparação da figura 4.6 com a 4.9 e, da figura 4.7 com a 4.10, é possível observar que no cenário de ângulo menos inclinado (20°) a produção de energia é menor nos meses de inverno e maior nos meses de verão quando comparado com o ângulo mais inclinado. Isso ocorre devido ao posicionamento solar em relação aos módulos. Em decorrência da maior produção nos meses do verão, há uma maior venda de energia excedente no final de semana.

Comparando os valores apresentados nas figuras 4.8 e 4.11, é possível verificar a diferença de produção anual de energia, principalmente nos meses que ocorrem o solstício, no cenário é produzido

1548,65 kWh em dezembro (menor valor anual) e 889,50 kWh em julho (maior valor anual), enquanto no cenário 2 com ângulo de 20° foram produzidos 407,69 kWh em dezembro e 952,00 kWh em julho.

A figura 4.12 apresenta o fluxo de caixa acumulado atualizado ao longo do horizonte de investimento que pode ser adquirido com a previsão de produção que a instalação terá, juntamente com os preços de tarifas, o valor de investimento inicial e os custos de operação e manutenção de ambos os cenários.

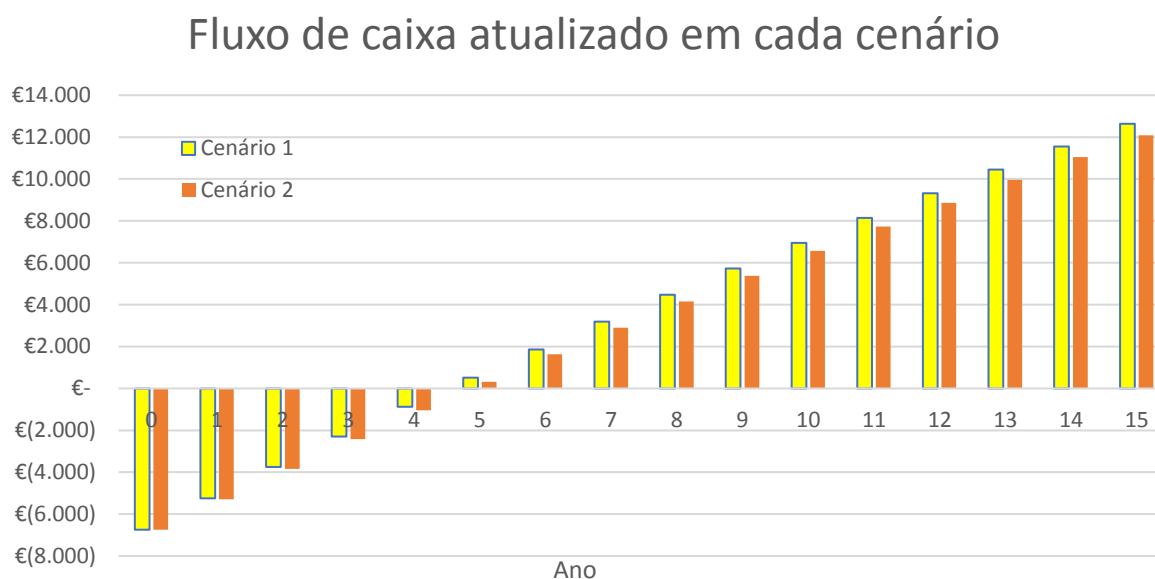


Figura 4.12 Fluxo de caixa atualizado no projeto em Aroeira para ambos os cenários

Na tabela 4.3 são apresentados os parâmetros econômicos importantes do ponto de vista de investimento, que são o VAL, calculado através da equação (1), o TIR e o período de retorno de investimento (PRI) para os dois cenários.

Tabela 4.3 Parâmetros financeiros para Aroeira no cenário 1 e cenário 2

Parâmetros	Valores	
	Cenário 1	Cenário 2
Custos dos módulos e inversor	3.747,00 €	3.747,00 €
Investimento Inicial	7.744,60 €	7.744,60 €
O&M	101,17 €	101,17 €
VAL	12.634,34 €	12.091,59 €
TIR	26,1628%	25,4127%
PRI [ano]	5	5

Comparando os valores da tabela 4.3, nota-se que o cenário 1 apresenta índices maiores, VAL de 12.634,34€ e TIR de 26,1628%, enquanto o cenário 2 apresenta valores de VAL 12.634,34 € e TIR 25,4127%, representando um investimento melhor ao comprador. Porém, é importante ressaltar que ambos os cenários poderão ser apresentados ao cliente, que poderá assim escolher suas preferências considerando os resultados apresentados.

5. Conclusão e Trabalho Futuro

O CAPI demonstrou ser uma ótima metodologia para o projeto fotovoltaico, orientando o utilizador durante a aplicação do questionário, juntamente com o trabalho de campo, e o auxiliando na aquisição dos dados necessários para criar projetos fotovoltaicos ótimos de forma que se adapte aos requisitos do cliente, como por exemplo, limitando os ângulos de inclinação e determinando a orientação dos módulos.

Este projeto pode ser utilizado como modelo para futuros trabalhos ao adaptar as questões dependendo de diferentes cenários. Como este trabalho foi criado para o cenário português, pode haver necessidade de modificar ou adicionar questões dependendo da legislação local, ou alterar os tipos e materiais mais comuns das superfícies de instalação. Outro fator que deve ser analisado é o clima do local de instalação, pois pode ser necessário adicionar alguma questão ou observações ao utilizador da aplicação. Um exemplo seria em regiões em que há muita queda de neve onde seria importante aumentar o limiar da inclinação dos módulos para autolavagem ou deixar claro ao cliente que a falta de manutenção reduzirá consideravelmente a produção de energia.

Uma possível complementação para este trabalho seria modificar o questionário de forma que abrangesse instalações em sistemas *off-grid* ou sistemas em que os módulos ficassem diretamente conectados a uma grande carga (por exemplos motores ou outras máquinas pesadas). Visto que este projeto visa somente *on-grid*, a utilização deste questionário para sistemas *off-grid* adicionaria uma grande complexidade ao questionário, mas aumentaria o número de possíveis usuários, tanto em Portugal quanto em outros países no mundo.

Referências Bibliográficas

- Baker, R. P. (1992). New Technology in Survey Research: Computer-Assisted Personal Interviewing (CAPI). *Social Science Computer Review*, 10(2), 145–157. <https://doi.org/10.1177/089443939201000202>
- Bastelaer, A. Van, Sikkel, D., & Kerssemakers, F. (1987). A Test of the Continuous Labour Force Survey with Hand-Held Computers: Interviewers Behaviour and Data Quality. *Automation in Survey Processing*, (CBS Select 4), 37–54.
- Bhatia, M. S., & Jaiswal, A. (2016). Empirical analysis of data acquisition techniques: PAPI vs. CAPI. *Proceedings of the 2016 6th International Conference - Cloud System and Big Data Engineering, Confluence 2016*, 326–330. <https://doi.org/10.1109/CONFLUENCE.2016.7508137>
- Boynton, P. M., & Greenhalgh, T. (2004). Selecting, designing, and developing your questionnaire. *Bmj*, 328(7451), 1312–1315. <https://doi.org/10.1136/bmj.328.7451.1312>
- Conselho de Ministros. Decreto-Lei nº162/2019. , Diário da República - I Série-B § (2019).
- Converse, J. M., & Presser, S. (1986). *Survey Questions : Handcrafting the Standardized Questionnaire*. Sage Publications, Inc.
- Couper, M. P., & Burt, G. (1994). Interviewer Attitudes Toward Computer-Assisted Personal Interviewing (CAPI). *Social Science Computer Review*, 12(1), 38–54. <https://doi.org/10.1177/089443939401200103>
- Cox, E. P. (1980). The Optimal Number of Response Alternatives for a Scale: A Review. *Journal of Marketing Research*, 17(4), 407. <https://doi.org/10.2307/3150495>
- Dayananda, Don; Irons, Richard; Harrison, Steve; Herbohn, John; Rowland, P. (2002). *Capital Budgeting: Financial Appraisal of Investment Projects*. Cambridge: Cambridge University Press.
- de Leeuw, E. D., Hox, J. J., & Snijders, G. (1995). The Effect of Computer-assisted Interviewing on Data Quality. A Review. *Market Research Society. Journal.*, 37(4), 1–19. <https://doi.org/10.1177/147078539503700401>
- Deutsche Gesellschaft fur Sonnenenergie, D. (2008). *Planning and Installing Photovoltaic Systems: a guide for installers, architects and engineers* (second). Earthscan.
- EasySolar. (2019). Apresentação aplicação EasySolar. Retrieved February 27, 2020, from <https://easysolar-app.com/>
- EDP. (2020). Opções Horárias - Bi-horária. Retrieved September 24, 2020, from <https://www.edp.pt/particulares/apoio-cliente/perguntas-frequentes/pt/contratos/novo-contrato/o-que-e-a-opcao-horaria-e-qual-a-melhor-para-mim/faq-4823>
- Endo, E., & Kurokawa, K. (1994). Sizing procedure for photovoltaic systems. *Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, 1, 1196–1199. <https://doi.org/10.1109/wcpec.1994.520178>

- Hill, A., & Hill, M. M. (1998). *A Construção de um Questionário*. Lisboa.
- Hyman, H. H., & Sheatsley, P. B. (1950). The current status of American public opinion. In *The Teaching of Contemporary Affairs, Twenty-first Yearbook of the National Council of Social Studies* (pp. 11–34). Princeton: Princeton University Press.
- Javed, W., Guo, B., & Figgis, B. (2017). Modeling of photovoltaic soiling loss as a function of environmental variables. *Solar Energy*, 157(August), 397–407. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.08.046>
- Konarska, J., Lindberg, F., Larsson, A., Thorsson, S., & Holmer, B. (2014). Transmissivity of solar radiation through crowns of single urban trees-application for outdoor thermal comfort modelling. *Theoretical and Applied Climatology*, 117(3–4), 363–376. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1000-3>
- Krosnick, J. A. (1995). Questionnaire design. *Archives of Disease in Childhood*, 72(1), 76–79. <https://doi.org/10.1136/ad.72.1.76>
- Masters, G. M. (2005). *Renewable and efficient electric power systems* (Second, Vol. 42). John Wiley & Sons, Inc.
- Ministério Do Ambiente Ordenamento Território Energia. Decreto-Lei n.º 153/2014. , N.º 202 Diário da República - I Série § (2014).
- Onyx Solar Group, L. (2019). Ferramenta Onix Solar. Retrieved February 27, 2020, from <https://www.onyxsolar.com/photovoltaic-estimation-tool>
- Oppenheim, A. N. (1992). *Questionnaire Design, Interviewing and Attitude Measurement* (Eleventh). London: Continuum.
- Pinho, J. T., & Galdino, M. A. (2014). *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*.
- Poynter, R., Williams, N., & York, S. (2014). *The Handbook of Mobile Market Research: Tools and Techniques for Market Researchers*. <https://doi.org/10.1002/9781119208198>
- PVGIS. (2019). Photovoltaic Geographical Information System. Retrieved April 3, 2020, from https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- Rattray, J., & Jones, M. C. (2007). Essential elements of questionnaire design and development. *Journal of Clinical Nursing*, 16(2), 234–243. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2006.01573.x>
- Robotics, S. (2018). Ferramenta StepSolar. Retrieved February 27, 2020, from <https://steprobotics.com/>
- Santos, F. F. M. dos. (2019). Preços da electricidade para utilizadores domésticos e industriais (Euro/ECU). Retrieved September 27, 2020, from [https://www.pordata.pt/Europa/Preços+da+electricidade+para+utilizadores+domésticos+e+industriais+\(Euro+ECU\)-1477-313028](https://www.pordata.pt/Europa/Preços+da+electricidade+para+utilizadores+domésticos+e+industriais+(Euro+ECU)-1477-313028)
- Saris, W. E., & Gallhofer, I. N. (2014). Design, evaluation, and analysis of questionnaires for survey research. In *Design, Evaluation, and Analysis of Questionnaires for Survey Research*.

<https://doi.org/10.1002/9780470165195>

- Schräpler, J., Schupp, J., & Wagner, G. (2006). Changing from PAPI to CAPI: A Longitudinal Study of Mode-Effects Based on an Experimental Design. In *DIW Discussion Papers 593*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10419/18486>
- SOLARGIS. (2018). Recurso Solar de Portugal. Retrieved February 24, 2020, from <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/portugal>
- Sreejesh, S., Mohapatra, S., & Anusree, M. R. (2014). Questionnaire Design. *Business Research Methods*, 143–159. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00539-3_5
- Sudman, S., & Bradburn, N. M. (1977). Response Effects in Surveys norc Volunteers for Learning Response Effects in Surveys. In *The National Opinion Research Center*.
- Temple, J. (2018). The \$2.5 trillion reason we can't rely on batteries to clean up the grid. Retrieved January 17, 2020, from MIT Technology Review website: <https://www.technologyreview.com/s/611683/the-25-trillion-reason-we-cant-rely-on-batteries-to-clean-up-the-grid/>
- Weeks, M. (1992). Computer-assisted survey information collection: a review of CASIC methods and their implications for survey operations. *Journal of Official Statistics*, 8(4), 445.

ÂPENDICE A

Janeiro										
Hora [hh:mm]	G [W/m ²]	T _d [°C]	T _{cél} [°C]	PDCMáx [W]	PDC [W]	PDC,inv [W]	η inversor	PAC [W]	PACCarga [W]	ECarga [Wh]
10:22	510	11,6	27,5	2570,4	2406,537	2165,883	95,59%	2070,267	2049,564	512,391
10:37	537	11,7	28,5	2706,48	2524,808	2272,327	95,59%	2172,151	2150,43	537,6074
10:52	560	11,8	29,3	2822,4	2624,832	2362,349	95,59%	2258,172	2235,591	558,8976
11:07	580	11,9	30,0	2923,2	2711,268	2440,141	95,58%	2332,4	2309,076	577,269
11:22	597	12	30,7	3008,88	2784,342	2505,908	95,58%	2395,075	2371,125	592,7812
11:37	610	12,2	31,3	3074,4	2839,977	2555,979	95,57%	2442,745	2418,318	604,5795
11:52	620	12,3	31,7	3124,8	2882,628	2594,365	95,56%	2479,262	2454,47	613,6175
12:07	627	12,4	32,0	3160,08	2912,409	2621,168	95,56%	2504,746	2479,698	619,9246
12:22	630	12,6	32,3	3175,2	2925,153	2632,638	95,56%	2515,648	2490,491	622,6228
12:37	629	12,7	32,4	3170,16	2920,906	2628,816	95,56%	2512,015	2486,895	621,7237
12:52	625	12,8	32,3	3150	2903,906	2613,516	95,56%	2497,472	2472,497	618,1242
13:07	617	12,9	32,2	3109,68	2869,846	2582,861	95,57%	2468,321	2443,638	610,9095
13:22	605	13	31,9	3049,2	2818,604	2536,744	95,57%	2424,437	2400,193	600,0482
13:37	590	13,1	31,5	2973,6	2754,297	2478,867	95,58%	2369,314	2345,621	586,4053
13:52	572	13,2	31,1	2882,88	2676,754	2409,079	95,59%	2302,773	2279,745	569,9362
14:07	550	13,3	30,5	2772	2581,425	2323,283	95,59%	2220,859	2198,65	549,6625
14:22	524	13,4	29,8	2640,96	2467,977	2221,179	95,59%	2123,218	2101,986	525,4964
14:37	495	13,4	28,9	2494,8	2340,434	2106,391	95,58%	2013,241	1993,109	498,2772
14:52	462	13,5	27,9	2328,48	2194,01	1974,609	95,55%	1886,717	1867,85	466,9624
15:07	426	13,5	26,8	2147,04	2032,71	1829,439	95,49%	1747,009	1729,538	432,3846
15:22	387	13,5	25,6	1950,48	1856,126	1670,513	95,40%	1593,667	1577,731	394,4327
10:22	510	11,6	27,5	2570,4	2406,537	2165,883	95,59%	2070,267	2049,564	512,391



270 - 290 Wp



www.axitecsolar.com

AXITEC
high quality german solar brand

AXIpower HC

120 halfcell polycrystalline
High performance solar module

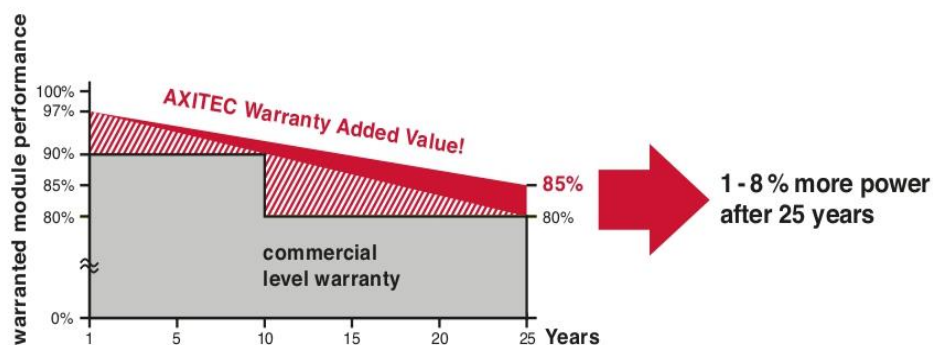
The advantages:

- 15**
Years 15 years manufacturer's warranty
-  Highest module performance through Half-Cut-technology and tested materials
-  Guaranteed positive power tolerance from 0-5 Wp by individual measurement
-  Maximum 5400 Pa snow load
-  100 % electroluminescence inspection
-  High stability due to AXITEC-Soft-Grip-Seam aluminium frame construction
-  High quality junction box and connector systems



Exclusive linear AXITEC high performance guarantee!

- 15 years manufacturer's guarantee on 90 % of the nominal performance
- 25 years manufacturer's guarantee on 85 % of the nominal performance





AXIpower HC 270 - 290 Wp

Electrical data (at standard conditions (STC) irradiance 1000 watt/m², spectrum AM 1,5 at a cell temperature of 25°C)

Type	Nominal output P _{mpp}	Nominal voltage U _{mpp}	Nominal current I _{mpp}	Short circuit current I _{sc}	Open circuit voltage U _{oc}	Module conversion efficiency
AC-270PH/60S	270 Wp	31,26 V	8,64 A	9,15 A	38,31 V	16,25 %
AC-275PH/60S	275 Wp	31,47 V	8,74 A	9,24 A	38,50 V	16,55 %
AC-280PH/60S	280 Wp	31,67 V	8,85 A	9,33 A	38,69 V	16,85 %
AC-285PH/60S	285 Wp	31,87 V	8,96 A	9,42 A	38,88 V	17,15 %
AC-290PH/60S	290 Wp	32,06 V	9,05 A	9,51 A	39,07 V	17,45 %

Design

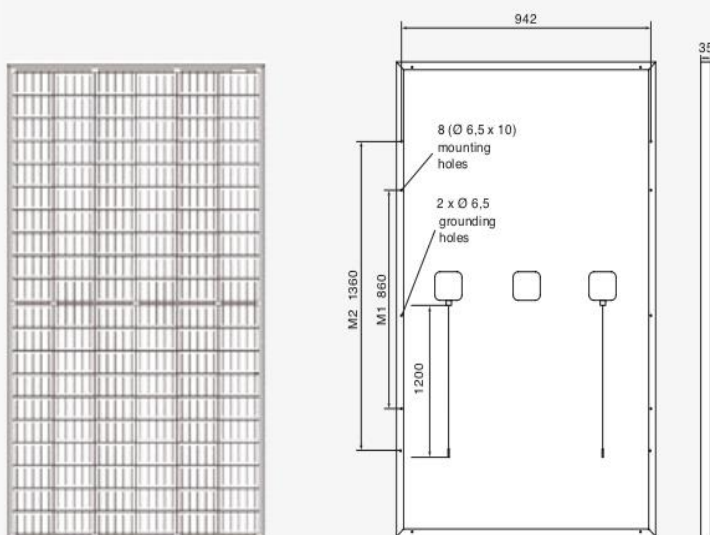
Frontside	3,2 mm hardened, low-reflection white glass
Cells	120 polycrystalline high efficiency cells
	156,75 mm x 78,38 mm
Backside	Composite film
Frame	35 mm silver anodized aluminium frame

Mechanical data

L x W x H	1675 x 992 x 35 mm
Weight	18,5 kg with frame

Power connection

Socket	Protection Class IP68
Wire	approx. 1,2 m, 4 mm ²
Plug-in system	Plug/socket IP68



All dimensions in mm

Limit values

System voltage	1000 VDC
NOCT (nominal operating cell temperature)*	45°C +/-2K
Max. load-carrying capacity	5400 N/m ²
Reverse current feed IR	20,0 A
Permissible operating temperature	-40°C to 85°C / -40°F to 185°F

(No external voltages greater than U_{oc} may be applied to the module)

* NOCT, irradiance 800 W/m²; AM 1,5; wind speed 1 m/s; Temperature 20°C

Temperature coefficients

Voltage U _{oc}	-0,30 %/K
Current I _{sc}	0,04 %/K
Output P _{mpp}	-0,40 %/K

Low-light performance (Example for AC-280PH/60S)

I-U characteristic curve	Current I _{pp}	Voltage U _{pp}
200 W/m ²	1,86 A	31,13 V
400 W/m ²	3,43 A	31,20 V
600 W/m ²	5,71 A	31,23 V
800 W/m ²	7,20 A	31,42 V
1000 W/m ²	8,85 A	31,67 V

Packaging

Module pieces per pallet	30
Module pieces per HC-container	780

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 With SMA SMART CONNECTED



What's new:
**The complete solution for
100% ease and comfort**

SMA Smart Connected

- Automatic inverter monitoring by SMA Service
- Investment security thanks to minimized downtimes and compensation, when applicable

Easy installation

- Secure plug-and-play installation without opening the inverter
- Easy commissioning via smartphone or tablet
- Integrated export control with SMA Energy Meter

Everything at a glance

- Direct access to inverter performance via smartphone or tablet
- Free online monitoring via Sunny Places

Future-proof

- Communication via Ethernet and WLAN
- Upgrade with SMA energy storage and Smart Home solutions at any time

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0

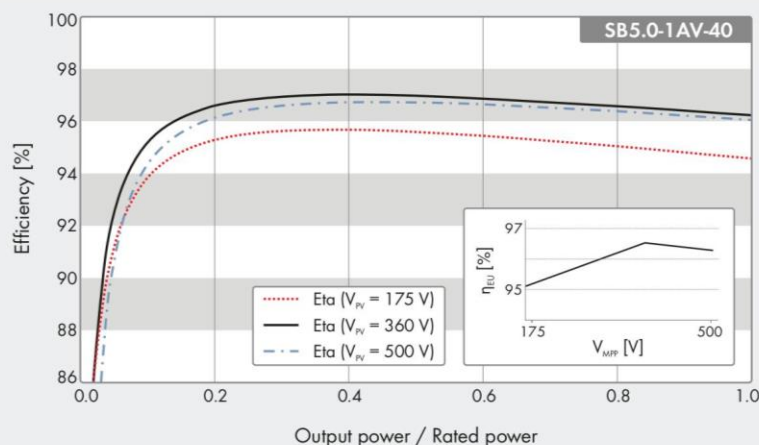
More than an inverter. Smaller, simpler and more convenient with SMA Smart Connected

The new Sunny Boy 3.0 – 5.0 succeeds the world's most installed residential string inverter, the Sunny Boy 3000 – 5000TL. It is more than just a PV inverter: delivered with SMA Smart Connected service, it is a complete package that offers PV system owners and installers true comfort and ease. The automatic inverter monitoring by SMA analyzes operation, reports irregularities and minimizes downtime.

In 3 kW to 5 kW power classes, the Sunny Boy is ideally suited to solar power generation in private homes. Thanks to its extremely light design and the modern user interface, the device can be easily and quickly installed. Current communication standards make the inverter future-proof, meaning SMA storage solutions and SMA Smart Home can be added at any time.

The world-leading Sunny Boy 3.0–5.0 provides PV system owners and installers with 100% ease and comfort.

Efficiency curve



Technical data	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0	Sunny Boy 5.0
Input (DC)				
Max. DC power (at cos φ =1)	3200 W	3880 W	4200 W	5250 W ¹⁾
Max. input voltage	600 V			
MPP voltage range	110 V to 500 V	130 V to 500 V	140 V to 500 V	175 V to 500 V
Rated input voltage	365 V			
Min. input voltage / initial input voltage	100 V / 125 V			
Max. input current input A / input B	15 A / 15 A			
Max. input current per string input A / input B	15 A / 15 A			
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:2; B:2			
Output (AC)				
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	5000 W ²⁾
Max. apparent AC power	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA ²⁾
Nominal AC voltage / range	220 V, 230 V, 240 V / 180 V to 280 V			
AC power frequency / range	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz to +5 Hz			
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V			
Max. output current	16 A	16 A	22 A ³⁾	22 A ³⁾
Power factor at rated power	1			
Adjustable displacement power factor	0.8 overexcited to 0.8 underexcited			
Feed-in phases / connection phases	1 / 1			
Efficiency				
Max. efficiency / European efficiency	97% / 96.4%	97% / 96.5%	97% / 96.5%	97% / 96.5%
Protective devices				
Input-side disconnection point	●			
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●			
DC reverse polarity protection / AC short circuit capability / galvanically isolated	● / ● / –			
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●			
Protection class (as per IEC 62103) / overvoltage category (as per IEC 60664-1)	I / III			
General data				
Dimensions (W / H / D)	435 mm / 470 mm / 176 mm (17.1 inches / 18.5 inches / 6.9 inches)			
Weight	16 kg (35.3 lb)			
Operating temperature range	-25°C to +60°C (-13°F to +140°F)			
Noise emission, typical	25 dB(A)			
Self-consumption (at night)	1.0 W			
Topology	Transformerless			
Cooling method	Convection			
Degree of protection (according to IEC 60529)	IP65			
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H			
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%			
Features				
DC connection / AC connection	SUNCLIX / AC connector			
Display via Smart Phone, Tablet, Laptop	●			
Interfaces: WLAN, Speedwire/Webconnect	● / ●			
Warranty: 5 / 10 years	● / ○			
Certificates and approvals (more available upon request)	AS 4777, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438, G59/3, G83/2, IEC 61727, NEN-EN50438, NRS 097-2-1, PPC, PPDS, RD 1699, RD 661, SI 4777, UTE C15-712, VDE-AR-N 4105, VDE0126-1-1, VFR 2014			
● Standard features ○ Optional features – Not available				
Data at nominal conditions				
Last revision: May 2016				
1) 4825 W with VDE-AR-N 4105				
2) 4600 W / 4600 VA with VDE-AR-N 4105				
3) AS 4777: 21.7 A				
Type designation	SB3.0-1AV-40	SB3.6-1AV-40	SB4.0-1AV-40	SB5.0-1AV-40